



**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUA  
POR MEDIO DE DOS TIPOS DE NEBLINÓMETROS EN LAS TRES  
CUENCAS DE LA PARROQUIA ACHUPALLAS, CANTÓN ALAUSI,  
PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

**ELABORADO POR:**

**DANIEL ADRIAN VISTIN GUAMANTAQUI**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2014**

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE: El trabajo de investigación titulado **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUA POR MEDIO DE DOS TIPOS DE NEBLINÓMETROS EN LAS TRES CUENCAS DE LA PARROQUIA ACHUPALLAS, CANTÓN ALAUSI, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”** de responsabilidad del Sr. Egresado, ha sido prolijamente revisado, quedando autorizada su presentación.

**TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

Ing. María Samaniego  
**DIRECTOR**

-----

Ing. Oscar Guadalupe  
**MIEMBRO**

-----

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**Riobamba octubre 2014**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser uno de los pilares más importantes de mi vida y por demostrarme siempre que todo es posible si uno se lo propone y más que todo por su cariño y apoyo incondicional. A mi difunto padre, porque a pesar de que ya no está aquí conmigo siempre estará en mi corazón, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es ahora para mí.

A mi esposa, a quien quiero infinitamente, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en todo momento. A mis hermanos que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo y cariño.

A demás quiero dedicar este trabajo de manera muy especial a mi querida hija *Amadita Adriana Vistin Chamba* quien desde su nacimiento se ha convertido en el motor principal de mi vida para querer seguir alcanzando triunfos en mi vida profesional.

A mis tíos, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos momentos.

A mi familia en general por brindarme su cariño, respeto y consideración.

**Daniel Adrian Vistin Guamantaqui**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios quien me dio la vida y me ha llenado de bendiciones en todo este tiempo, a él que con su infinito amor me ha dado la sabiduría suficiente para culminar mi carrera universitaria.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento, reconocimiento y cariño a mis padres y mi esposa por todo el esfuerzo que hicieron para darme una profesión y hacer de mí una persona de bien, gracias por los sacrificios y la paciencia que demostraron todos estos años.

Mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a través de la Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal, y a todos los docentes de la misma por haber impartido todos los conocimientos que pondré en práctica en mi vida profesional.

Este proyecto es el resultado del esfuerzo conjunto de todos los que formamos el grupo de trabajo. Por eso agradezco a mi directora Ing. María Samaniego, al Ing. Oscar Guadalupe, miembro del tribunal, quienes a lo largo de este tiempo han puesto a prueba mis capacidades y conocimientos en el desarrollo de este nuevo tema de investigación el cual ha finalizado con éxito llenando todas las expectativas planteadas.

Un grato agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo a través del proyecto “Caracterización Biogeográfica de las subcuencas hídricas para la adaptación al cambio climático considerando el paisaje cultural andino de la parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo” por confiar en mí y apoyándome en todo lo necesario para culminar con éxito este proyecto de tesis.

## **TABLA DE CONTENIDO**

<b>CAPÍTULO</b>	<b>PAG.</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>i</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b>	<b>ii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>iii</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b>	<b>iii</b>
<b>I. TÍTULO</b>	<b>1</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>A. JUSTIFICACION</b>	<b>2</b>
<b>B. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>C. HIPÓTESIS</b>	<b>3</b>
<b>III. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>24</b>
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>28</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>53</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	<b>54</b>
<b>VIII. RESUMEN</b>	<b>55</b>
<b>IX. SUMMARY</b>	<b>56</b>
<b>X. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>57</b>
<b>XI. ANEXOS</b>	<b>59</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Nº</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
<b>1</b>	Volúmenes de captación de agua con neblinómetros.	20
<b>2</b>	Coordenadas geográficas de la posición de los neblinómetros.	28
<b>3</b>	Fechas de mantenimiento de los neblinómetros.	30
<b>4</b>	Costos de implementación de un neblinómetro de sarán al 30%	40
<b>5</b>	Indicadores económicos para un neblinómetro se sarán al 30%	41
<b>6</b>	Cálculo del factos de actualización al 12% para un neblinómetro de sarán.	42
<b>7</b>	Costos de implementación de un neblinómetro de yute.	44
<b>8</b>	Indicadores económicos para un neblinómetro de yute.	45
<b>9</b>	Calculo del factor de actualización al 12% para un neblinómetro de yute.	46
<b>10</b>	Criterios para la certificación de agua para consumo humano.	48
<b>11</b>	Parámetros analizados en el laboratorio de servicios ambientales.	49
<b>12</b>	Análisis estadístico del volumen de agua de la cuenca de Ozogоче.	50
<b>13</b>	Análisis estadístico del volumen de agua de la cuenca de Zula.	51
<b>14</b>	Análisis estadístico del volumen de agua de la cuenca de Jubal.	52

**LISTA DE GRÁFICOS**

<b>Nº</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
<b>1</b>	Intercomparación de Humedad Relativa de las cuencas de Ozogоче, Zula y Jubal.	30
<b>2</b>	Intercomparación de Radiación Solar de las cuencas de Ozogоче, Zula y Jubal.	31
<b>3</b>	Intercomparación de Temperatura Ambiente de las cuencas de Ozogоче, Zula y Jubal.	32
<b>4</b>	Intercomparación de la Precipitación de las cuencas de Ozogоче, Zula y Jubal.	33
<b>5</b>	Comparación de volumen de agua recolectada con Sarán al 30% en las cuencas de Ozogоче, Zula, y Jubal.	34
<b>6</b>	Comparación de volumen de agua recolectada con Yute en las cuencas de Ozogоче, Zula, y Jubal.	35
<b>7</b>	Comparación de volumen de agua recolectada con Yute y Sarán en las cuencas de Ozogоче.	37
<b>8</b>	Comparación de volumen de agua recolectada con Yute y Sarán en las cuencas de Zula.	38
<b>9</b>	Comparación de volumen de agua recolectada con Yute y Sarán en las cuencas de Jubal.	39

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Nº</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
<b>1</b>	Nieblas de evaporación.	5
<b>2</b>	Nieblas por enfriamiento.	5
<b>3</b>	Nieblas producidas por radiación.	6
<b>4</b>	Nieblas formadas por advección.	7
<b>5</b>	Nieblas orográficas.	8
<b>6</b>	Diseño del neblinómetro.	28
<b>7</b>	Ubicación de los neblinómetros.	29

**LISTA DE ANEXOS**

<b>Nº</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
<b>1</b>	Instalación de los neblinómetros.	59
<b>2</b>	Toma de datos de los neblinómetros	61
<b>3</b>	Instalación de los rótulos en los neblinómetros en las tres cuencas.	62
<b>4</b>	Análisis de agua en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH	63



**I. “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUA POR MEDIO DE DOS TIPOS DE NEBLINÓMETROS EN LAS TRES CUENCAS DE LA PARROQUIA ACHUPALLAS, CANTÓN ALAUSI, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

**II. INTRODUCCIÓN**

A menudo los árboles y las plantas obtienen el agua de la niebla, nubes de pequeñas gotas de agua que se forman en el aire cerca de la superficie de la Tierra. Cuando la niebla golpea una hoja, las gotitas se condensan y se deslizan hacia abajo en forma de agua. Con el tiempo, el suelo bajo el árbol o la planta absorbe toda el agua necesaria de la niebla.

En varios países de Sudamérica, sobre todo en Chile, se han realizado proyectos donde el papel de estos árboles ha sido reemplazado por mallas de plástico llamadas “neblinómetros”, son simples mallas de polipropileno sostenidas por un palo en cada extremo y colocadas en dirección perpendicular al viento dominante. A medida que el agua queda atrapada en la malla, las pequeñas gotas se juntan y forman gotas más grandes que, por gravedad, caen en la base del colector donde una manguera las recoge y las conduce a una cisterna o depósito

Estudios previos por el Dr. Kai Tiedemann mostraron que los árboles son los mejores captadores. Además no requieren mantenimiento al largo plazo y con una reforestación es posible reestablecer los ciclos hídricos locales.

## **A. JUSTIFICACIÓN**

La poca disponibilidad de agua dulce limpia se ha constituido en uno de los problemas más importantes a los que se enfrenta la humanidad hoy en día, y llegará a ser crítico en el futuro, puesto que la creciente demanda sobrepasa el suministro y la polución sigue contaminando los ríos, lagos y arroyos. “La falta de acceso al agua para beber, para la higiene y para la seguridad alimentaria ocasiona enormes penurias a más de mil millones de personas en el mundo. (Annan, 2003).

El 20% de la población mundial no tiene acceso a agua potable. Cada año 2,5 millones de personas mueren de sed o por beber agua contaminada. Naciones Unidas estima que en el año 2025, las 2/3 de la población mundial sufrirá escasez de agua.

De acuerdo con las Naciones Unidas, el agua insalubre mata a más personas en todo el mundo que la guerra. La disminución de la disponibilidad de este preciado recurso puede llegar a ser algo más que una crisis para los países en desarrollo.

A esto, se suma el problema del acceso al agua en zonas en que a pesar de poseer una gran cantidad de recursos hídricos, no cuentan con medios o sistemas de captación para aprovechar el recurso (Marzol, 2006)

## **B. OBJETIVOS**

### **1. Objetivo general**

Realizar el estudio de factibilidad para el aprovechamiento de agua por medio de dos tipos de neblinómetros en las tres cuencas de la parroquia Achupallas, cantón Alausi, provincia de Chimborazo.

### **2. Objetivos específicos**

- a) Determinar la eficiencia de los neblinómetros con dos tipos de materiales, sintéticos (Sarán 30%) y orgánico (Yute)
- b) Determinar el beneficio – costo de cada prototipo
- c) Evaluar la calidad de agua capturada con los dos tipos de neblinómetros.

## **C. HIPÓTESIS**

### **1. Hipótesis nula**

La eficiencia de los neblinómetros no difiere del material del cual está elaborado.

### **2. Hipótesis alternante**

La eficiencia de los neblinómetros difiere del material del cual está elaborado.

### **III. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **A. DEFINICIÓN DE NIEBLA Y CARACTERÍSTICAS**

La niebla se define como “suspensión en la atmósfera de gotitas de agua y/o cristales de hielo muy pequeños que reduce la visibilidad horizontal a menos de 1 Km de distancia” (Ledesma, 2000). Si la visibilidad oscila entre 1 y 4 Km es neblina y si es superior a ese umbral se dice que es bruma (Marzol, 1999).

La niebla varía de composición de acuerdo con la temperatura del aire. Cuando la temperatura está por encima de 0°C, la niebla estará formada por diminutas gotas de agua en suspensión, en tanto que si la temperatura es inferior a 0°C la niebla será una suspensión de diminutos cristales de hielo y pequeñas gotas de agua superfrías, o sólo cristales de hielo. Para que se produzca niebla es necesario que el vapor de agua contenido en el aire pase al estado líquido mediante el proceso físico denominado condensación.

Para que esto ocurra deben existir en el aire partículas ávidas de agua (higroscópicas) en forma de diminutos cristales de sal, polvo u otros productos de combustión (núcleos de condensación). Se sabe que existen dos formas de conseguir la saturación del aire.

#### **B. CLASIFICACIÓN DE LAS NIEBLAS DE ACUERDO A SU GÉNESIS**

##### **1. Nieblas de evaporación**

Se producen cuando se evapora agua en el aire frío. Este cambio de estado del agua puede ocurrir de dos maneras: 1) Cuando una corriente de aire frío y relativamente seco fluye o permanece en reposo sobre una superficie de agua de mayor temperatura (es común en las zonas polares y sobre los lagos y lagunas en invierno); 2) Cuando llueve, si el agua que cae tiene mayor temperatura que el aire del entorno, las gotas de lluvia se evaporan y el aire tiende a saturarse. Éstas se forman dentro del aire frío de los frentes

de lento movimiento como los estacionarios, calientes o los frentes fríos lentos, son espesas y persistentes.



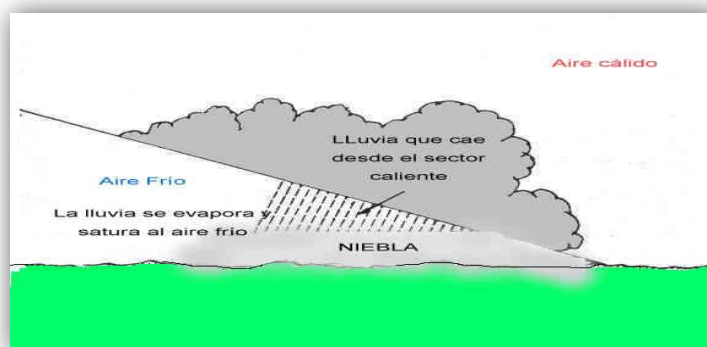
**Figura 01 Nieblas de evaporación.**

(Tomada de [http://www.tutiempo.net/silvia\\_larocca/Temas/Met22.htm](http://www.tutiempo.net/silvia_larocca/Temas/Met22.htm))

## 2. Nieblas por enfriamiento

Se generan mediante la disminución que experimenta la capacidad del aire para retener vapor de agua cuando disminuye la temperatura.

Existe una relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene un volumen de aire y la que contendría si estuviese saturado, esta relación se ha definido como humedad relativa. La humedad relativa será del 100% cuando el aire se halla saturado, esto es, cuando para una temperatura dada no puede admitir más vapor de agua sin condensar. Las nieblas producidas por este mecanismo se clasifican a su vez por su origen en, nieblas de radiación, nieblas de advección y nieblas orográficas.



**Figura 02 Nieblas por enfriamiento.**

(Tomada de [http://www.tutiempo.net/silvia\\_larocca/Temas/Met22.htm](http://www.tutiempo.net/silvia_larocca/Temas/Met22.htm))

### 3. Nieblas por radiación

Se forman generalmente en invierno en noches claras cuando la irradiación es intensa. Es necesario un ligero viento del orden de dos a cinco nudos, con el fin de que haya suficiente turbulencia para que el enfriamiento y la humedad se extiendan hacia arriba.

Un momento crítico es precisamente a la salida del Sol. También es importante que el suelo esté húmedo. Las nieblas por radiación se forman exclusivamente en tierra y nunca en mar ya que el agua por la noche está relativamente caliente. En general se forman principalmente en las zonas bajas, sin embargo no quiere decir que no se formen en partes altas de las nieblas se produce por calentamiento del sol el cual sucede alrededor del mediodía (Ledesma, 2000).



**Figura 03 Nieblas producidas por radiación.**

(Tomada de [http://www.tutiempo.net/silvia\\_larocca/Temas/Met22.htm](http://www.tutiempo.net/silvia_larocca/Temas/Met22.htm))

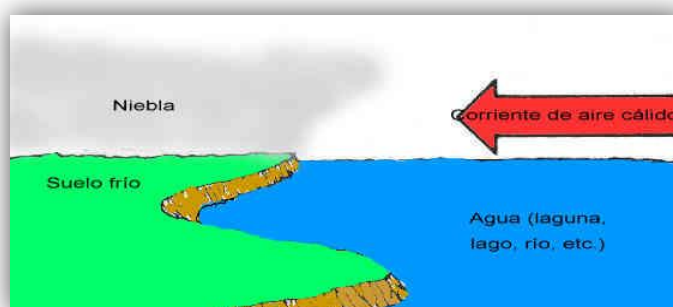
### 4. Nieblas por advección

Estas nieblas se desarrollan cuando una corriente de aire cálido y húmedo se desplaza sobre una región más fría y tiende a un equilibrio térmico con la superficie sobre la cual se está desplazando. Tales nieblas son muy frecuentes sobre el océano. Se sabe que la capacidad conductiva del agua es muy alta. La temperatura del aire tiende a equilibrarse con la temperatura de la superficie del agua, existiendo un pequeño cambio bajo estas condiciones. Sobre la tierra existe una diferencia menor entre las masas de aire lo que hace que este tipo de nieblas sean menos frecuentes, (Petterssen, 1969).

Para que este tipo de niebla se forme es necesario el viento sople con una intensidad entre 5 y 16 nudos para que se pueda mantener constante el flujo de aire cálido y húmedo. De exceder este valor es probable que la niebla se desprenda del suelo, generándose una nube baja llamada estrato turbulento.

Son frecuentes en las zonas costeras, especialmente en invierno, cuando una masa de aire marítimo tropical húmedo y caliente procedente del mar fluye hacia la tierra más fría. En verano, se produce de forma inversa, es decir sobre el mar, cuando el aire húmedo y cálido es enfriado hasta la saturación.

Una región característica de la formación de este tipo de niebla es la costa de Florida, EE.UU. (Ledesma, 2000)



**Figura 04 Nieblas formadas por advección.**

(Tomada de [http://www.tutiempo.net/silvia\\_larocca/Temas/Met22.htm](http://www.tutiempo.net/silvia_larocca/Temas/Met22.htm))

## 5. Nieblas orográficas

Se forman por ascensión de una masa de aire a barlovento de la ladera de una montaña, con el consiguiente enfriamiento adiabático. El aire ascendente (viento anabático) debe ser estable y cuando alcanza el nivel de condensación se forma la niebla, que generalmente es de gran espesor. La niebla no baja al valle por que el viento descendente (viento catabático) se calienta y viene la disipación. Se produce en invierno y las mejores alternativas son las situadas a barlovento de la ladera Es condición que la humedad relativa inicial sea elevada y que el viento sea persistente y no muy intenso (Ledesma, 2000)



**Figura 05 Nieblas orográficas.**

(Tomada de [http://www.tutiempo.net/silvia\\_larocca/Temas/Met22.htm](http://www.tutiempo.net/silvia_larocca/Temas/Met22.htm))

### **C. LA NIEBLA**

La niebla es un recurso que se ha investigado con diversos objetivos en varios países del mundo (Schemenauer y Cereceda, 1991) y en la actualidad se aprovecha como recurso hídrico en Chile y en Perú y Ecuador con buenas expectativas.

En Chile se han realizado estudios tendientes a conocer el potencial de captación en diversas áreas de la zona norte (Cereceda y Schemenauer, 1991), desde principios del año 1992, Chungungo, un poblado de 330 habitantes, de la Región de Coquimbo, satisface sus necesidades domésticas con agua extraída del manto nuboso.

¿Qué es lo que posibilita de manera genérica la conformación de nieblas?, ¿Cuáles son los factores que establecen la particular característica y calidad, que permiten su utilización como recurso hídrico?

Clima en la costa oeste de América del Sur es regulado y dominado principalmente por el Anticiclón del Pacífico, esto determina que en este lugar las precipitaciones no exceden los cuantos milímetros al año, dando lugar a un área de gran aridez.

Por otro lado, el Anticiclón produce vientos suaves del sur y suroeste que penetran hacia el continente, entre los 0 a 1000 msnm. Estos vientos, recorren extensos espacios



oceánicos, cargándose de humedad y al ponerse en contacto con el frío océano, sector corriente de Humboldt, ésta humedad condensa dando origen a abundantes nubes del tipo estratiformes, las que se sitúan entre los 600 y 1200 m de altitud.

Por otra parte, la inversión térmica, producida por la fricción entre las masas de aire frío ascendente y los vientos alisios, impone un techo al desarrollo vertical de estos estratos nubosos, altura que varía entre los 600 y 1200m de altura.

El estrato nuboso, que normalmente tiene un grosor que fluctúa entre los 100 y 400m se desplaza empujado por los vientos hacia la costa rozando los cerros costeros hacia los valles interiores, donde las altas temperaturas lo disipan (Schemenauer y Cereceda, 1991)

Cuando una masa de aire tiene más vapor de agua de la que puede contener a cierta temperatura (un punto llamado volumen de saturación de vapor), el vapor de agua se condensa originando nieblas. La niebla se forma más fácilmente en una masa de aire que tenga mucho polvo u otras partículas a las cuales se puedan adherir las gotas de agua.

### **1. La Neblina o Garúa**

Se forma cuando nieblas costeras llegan a tierra empujadas por las brisa marinas y de golpe se encuentran en una región seca y caliente cuyas temperaturas rondan los 27° C. A medida que el aire seco empieza a evaporar las gotas de agua de la niebla, éstas se encogen formando gotitas increíblemente diminutas (0,002 a 0,006 mm de diámetro). El resultado es una niebla muy húmeda, pero casi invisible.

## **D. CARACTERÍSTICAS DE LA NEBLINA**

1. Estabilidad. Se presenta la mayor parte año
2. Única fuente alternativa. Para un amplio sector de la costa árida y desértica.

3. Altitud. El hecho de contar con este recurso en la cima de los cordones montañosos no requiere de energía para su extracción ni conducción, pudiendo dirigir el agua hacia los sectores deseados sin mayores dificultades.
4. Bajos riesgos de contaminación, en comparación a otras fuentes de agua.
5. Permite un mejor manejo de los recursos naturales de altura, en el entorno inmediato donde se presentan las neblinas.

## **E. LA NEBLINA COMO RECURSO HÍDRICO**

El espesor de los estratocúmulos que dan origen a la neblina es en general bastante estable, fluctuando entre los 200 y 400 m y altitudes entre los 600 a 1000 msnm. El contenido de agua líquida varía entre los 0,22g/m<sup>3</sup> a 0,73 g/m<sup>3</sup>, registrándose valores de tamaño de gotas entre los 10,8 a 15,3 micrones y en concentraciones más o menos constantes de 400 gotas/cm<sup>3</sup>. (Schemenauer y Cereceda, 1991)

Si hacemos el siguiente ejercicio teórico y nos situamos en un punto favorable, por donde está desplazándose un banco de neblinas a 5m/s y que lleva agua en suspensión a razón de 0,30 g/m<sup>3</sup>, podríamos concluir por ejemplo que, por un área perpendicular al viento de 2 m x 250 m de largo, en 8 horas podrían pasar 10 000 l de agua. Si bien no es una cifra espectacular pero es un hecho que esto ocurre permanentemente en muchos sitios favorables de nuestro sitio.

## **F. FACTORES INCIDENTES EN LA NIEBLA**

La niebla se encuentra condicionada por variados factores, los cuales dirigen su dirección, humedad, permanencia y desarrollo.

### **1. Vientos**

El viento, aire en movimiento, es el factor que determinará la dirección y velocidad de la niebla, el cual está directamente definido por las temperaturas que, éste adopta, por medio de los rayos de calor (infrarrojos) reflejados por la superficie terrestre y acuática. El viento se produce específicamente por las diferencias de temperatura en el aire, y por tanto de densidad, entre dos regiones de la tierra.

La dirección y velocidad del viento varía de acuerdo a los distintos horarios del día, así como también con las temporadas del año, las que crean cambios de temperatura, por consiguiente cambios en el viento.

El sentido en que el viento se desplaza va a definir el lado sotavento del terreno. “Barlovento” se define en lo que respecta a los vientos sobre geografías con elevaciones como el terreno que recibe directamente el viento, siendo generalmente el sector más húmedo. El lado “Sotavento” es aquel que se encuentra protegido del viento por la elevación del terreno a barlovento. (Schemenauer y Cereceda, 1991)

Las diferencias en las temperaturas se dan por los movimientos de rotación y traslación terrestre, que va posicionando las superficies (terrestres y oceánicas) para la absorción de la radiación solar, calentando –mediante reflexión- las masas de aire, generando cambios de temperatura y presión, originándose los vientos.

Es por lo anterior que las capas bajas de la atmósfera se hallan a mayor temperatura que las situadas encima de ellas y, por tanto, la temperatura del aire, igual que la presión, disminuye con la altitud. Esta afirmación puede tomarse como cierta para los 11 ó 12 primeros kilómetros de la atmósfera, siendo la disminución (gradiente) de unos  $0.55^{\circ}\text{C}$ . por cada 100 m. de aumento en la altura. (Schemenauer y Cereceda, 1991)

## **2. Variación Diurna**

Se define como el cambio de temperatura entre el día y la noche, producido por la rotación de la Tierra. Durante el día la radiación solar es, en general, mayor que la terrestre, por lo tanto la superficie de la Tierra se torna más caliente. Durante la noche, en ausencia de la radiación solar, sólo actúa la radiación terrestre, y consecuentemente, la superficie se enfría. Dicho enfriamiento continúa hasta la salida del sol. Por lo tanto, la temperatura mínima ocurre generalmente poco antes de la salida del sol.

## **3. Variación Estacional**

Esta variación se debe a la inclinación del eje terrestre y el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del sol. El ángulo de incidencia de los rayos solares varía,

estacionalmente, en forma diferente para los dos hemisferios. El hemisferio norte es más cálido en los meses de junio, julio y agosto, en tanto que el hemisferio sur recibe más energía solar en diciembre, enero y febrero. (Schemenauer y Cereceda, 1991)

#### **4. Variación con la Latitud**

La mayor inclinación de los rayos solares en altas latitudes, hace que éstos entreguen menor energía solar sobre estas regiones, siendo mínima dicha entrega en los polos. Sin embargo, en el Ecuador los rayos solares llegan perpendiculares, siendo allí máxima la entrega energética.

#### **5. Variaciones con el Tipo de Superficie**

En primer lugar la distribución de continentes y océanos produce un efecto muy importante en la variación de la temperatura, debido a sus diferentes capacidades de absorción y emisión de la radiación. Las grandes masas de agua tienden a minimizar los cambios de temperatura, mientras que los continentes permiten variaciones considerables en la misma. Sobre los continentes existen diferentes tipos de suelo

Los terrenos pantanosos, húmedos y las áreas con vegetación espesa tienden a atenuar los cambios de temperatura, en tanto que las regiones desérticas o áridas permiten cambios grandes en la misma.

#### **6. Variaciones con la Altura**

A través de la primera parte de la atmósfera, llamada troposfera, la temperatura decrece con la altura. Este decrecimiento se define como Gradiente vertical de Temperatura y es en promedio de  $6,5^{\circ}\text{C}/1000\text{m}$ . Sin embargo, ocurre a menudo que se registra un aumento de la temperatura con la altura: Inversión de temperatura.

Durante la noche la Tierra irradia (pierde calor) y se enfría mucho más rápido que el aire que la circunda; entonces, el aire en contacto con ella será más frío mientras que

por encima la temperatura será mayor. Otras veces se debe al ingreso de aire caliente en algunas capas determinadas debido a la presencia de alguna zona frontal.

Las temperaturas definirán el punto de condensación (ó punto de rocío) de una masa de aire; generándose la niebla cuando la humedad relativa llegue al 100% y la masa de aire logre el punto de condensación.

## **7. Relieves**

Los relieves o situaciones geográficas no inciden directamente en la formación de la Niebla, sino más bien en su dirección y desarrollo, ya que mediante los relieves montañosos, depresiones, océanos etc. genera los corredores por donde las masas de aire se desplazarán.

Los relieves terrestres a mayor altitud, tienen más capacidad de interceptar la nube; junto con eso a mayor altitud, se producen menores temperaturas, por lo que se crea mayor condensación en la masa cálida, generando mayor humedad perceptible en la niebla.

Es por lo anterior que los relieves en altura son los sectores geográficos donde se produce la mayor cantidad y permanencia de la niebla, indistinto de las temporadas.

## **8. Capacidad Hídrica de la Niebla**

La niebla como ya se sabe contiene partículas muy pequeñas de agua, las cuales para ser utilizadas como un recurso hídrico deben ser recolectadas, mediante una instalación.

La cantidad de agua que se extrae de una masa nubosa como la del norte de Chile es mínima, ni siquiera alcanza a interceptar el 1% del total del agua que es desplazada por el viento, de manera que difícilmente podría alterar los ecosistemas a sotavento de la infraestructura instalada.

Por otra parte, es considerada "agua nueva", es decir, el agua que se extrae de la niebla, no viene de otro sistema hidrológico (río, acuífero, etc.), no se está restando a otro uso,

sino que de no utilizarse, ésta se evaporará al cambiar las condiciones atmosféricas; siendo una recolección responsable a la vez de útil y renovable. Martos D.S. (2009)

La captación de agua de la niebla puede ser en ocasiones 3 veces superior a lo que se lograría captar con una lluvia, acrecentándose los niveles de captación en las horas nocturnas y en los sectores cumbres. La calidad del agua también es calificada como para recursos hídricos complementarios como lo sería para reforestaciones, sequías, asentamientos, refugios, obras rurales, ganadería de montaña, agricultura, aseo, etc.

## **G. RESEÑA HISTÓRICA DE LOS ATRAPANIEBLAS**

A lo largo de su historia, el hombre bajo la idea de la optimización en recursos, tiempo y costos ha desarrollado y mejorado los procesos productivos tanto para la industria como para la agricultura, lo que se traduce en el incremento desmesurado de la cantidad de agua requerida para la producción. Es el caso de la industria minera que a diario consume millones de litros para la realización de las faenas.

La significancia de esto, en conjunto con otros fenómenos como las condiciones extremas de algunos lugares de la Tierra y el propio consumo humano, es la creciente escasez del recurso versus la demanda.

Con la intención de afrontar esta adversidad, es que los científicos e investigadores han puesto sus conocimientos y habilidades en la búsqueda de soluciones, las cuales en algunos casos resultan ser insólitas. Martos D.S. (2009)

Es así que en Chile, hacia el año 1958, los investigadores Germán Saa, Raúl Muñoz, Carlos Espinosa y Aníbal Gálvez, del Departamento de Física de la incipiente Universidad del Norte, luego de observar y analizar el fenómeno de la niebla costera y el extraño crecimiento de especies arbóreas en las regiones áridas del norte, fabricaron y probaron los primeros instrumentos para captar el agua de la niebla.

Distintos lugares de la costa de Antofagasta, entre ellos la Mina Andrómeda, Cerro Moreno y Los Nidos, ofrecieron lugares aptos para estudiar el potencial de agua

contenido en la nube. Diversos diseños de extrañas estructuras poblaron los acantilados de los cerros costeros. Posteriormente, en 1980, Pilar Cereceda, Horacio Larraín, Joaquín Sánchez, Nazareno Carvajal y un grupo de alumnos de Geografía de la Universidad Católica, confeccionan un Atrapanieblas de forma cilíndrica. Instalada la estructura, en la primera noche se logró acumular 4.75 litros de agua. Martos D.S. (2009)

Entre 1980 y 1984, el equipo del Instituto de Geografía de la Universidad Católica, el Instituto de Estudios y Publicaciones Juan Ignacio Molina de Santiago y CONAF, aúnan esfuerzos para probar la factibilidad de captar agua de la niebla en las alturas de El Tofo, al norte de La Serena y dotar de agua potable a los habitantes pescadores de la caleta Chungungo.

Los distintos ensayos de materiales permitieron comprobar en terreno y establecer que la malla tipo Raschel, de peculiar diseño romboidal, era la de mayor eficiencia en el trabajo de captación de agua. Martos D.S. (2009)

## **H. LOS ATRAPANIEBLAS**

En palabras simples, los Atrapanieblas son ingeniosas construcciones que se instalan a determinadas alturas en el farellón costero con la intención de captar las partículas de agua que posee la niebla, con el fin de aprovechar este recurso hídrico.

De noche, la niebla que avanza desde la costa los envuelve. Al amanecer, cuando ésta se retira, reaparece la silueta de los Atrapanieblas, pero con una novedad, las gotas de la nube han sido capturadas por las mallas y son conducidas a través de una canaleta hasta una cañería o colector, para posteriormente ser destinadas a los pobladores, dependiendo del uso que ellos estimen conveniente otorgarle al recurso. Martos D.S. (2009)

Durante el proceso de captación del agua, las gotitas que son atrapadas por la malla, se agrupan hasta formar una gota de mayor tamaño que se desliza por gravedad hasta ser colectada por la canaleta dispuesta en el borde inferior del panel.

## **I. TIPOS DE ATRAPANIEBLAS**

### **1. Atrapanieblas Macrodiamante**

El Atrapanieblas Macrodiamante fue el primer artefacto desarrollado para la captación de agua de niebla en Chile y el mundo. Este acontecimiento tuvo lugar el año 1958, bajo la mano del “Padre de los Atrapanieblas”, Carlos Espinosa y otros investigadores, los cuales desarrollaron un artefacto tridimensional capaz de capturar el agua de la niebla costera.

Las ventajas que posee esta estructura poliédrica (compuesta por tubos revestidos con malla tipo Raschel) es que al poseer caras en distintas direcciones, permite por un lado la omisión de la variante de la orientación del viento aumentando así, la eficiencia de la captación y por otro mejora la autoresistencia de su estructura frente a los fuertes vientos.

La estructura tiene la particularidad de elevarse por sobre los 10 metros de altura. Su rendimiento en promedio supera los 3.9 lt/día por  $\text{m}^2$ . No obstante sus aportes, una de las mayores desventajas que ofrece este modelo es que tiende a costos mayores por metro cuadrado de área de captación.

El desarrollo del Atrapanieblas Macrodiamante significó entre otras cosas la obtención de una patente de invención, la cual posteriormente fue cedida junto con el artefacto, por parte de Carlos Espinosa a la UNESCO con la intención de que la organización fomentase investigaciones posteriores en distintos países.

### **2. Atrapanieblas Cilíndrico**

El Atrapanieblas Cilíndrico fue un aparato sucesor al tipo Macrodiamante y se desarrolló el primero de Mayo de 1980. Pilar Cereceda, Horacio Larraín, Joaquín Sánchez y Nazareno Carvajal, junto a un grupo de alumnos de Geografía de la Universidad Católica acampan en Playa Temblador, a 90 kilómetros al Norte de La Serena.



### **3. Atrapanieblas Bidimensional**

El Atrapanieblas Bidimensional es una estructura que se compone principalmente de un par de pilares distanciados a 12 m, entre los cuales va dispuesta una malla tipo Raschel de 4 m de altura y unos tensores de sustentación.

Este elemento captador artificial, es ubicado en forma perpendicular a la dirección del viento predominante, aumentando de esta manera la eficiencia en la obtención de agua. Estos paneles Atrapanieblas pueden ser módulos simples, es decir conformados por una sola malla de captación, sostenida por dos postes (48 m<sup>2</sup>), o pueden ser módulos múltiples, es decir compuestos por varias mallas de captación, sostenidas por postes comunes (96 m<sup>2</sup>, 120 m<sup>2</sup>, etc) manteniendo siempre la orientación de los paneles en forma perpendicular a la dirección del viento.

## **J. COMPONENTES BÁSICOS DE UN ATRAPANIEBLAS**

A continuación se presenta una lista detallada de los elementos que componen la propuesta de Atrapanieblas Bidimensional.

### **1. Soportes Estructurales**

El Soporte Estructural se encuentra conformado por dos o más pilares, dependiendo del número de subunidades que compongan el panel captador, los cuales son los encargados de sostener y alzar el elemento captador de niebla. (Gilberto Villarroel 2009)

Actualmente estos postes son fabricados de Eucalipto impregnado o de acero cincado los cuales tienen una altura entre 6 y 7 metros y un diámetro de 5" en la punta superior para los mástiles de eucalipto y 6" para los de acero.

Estos en una primera instancia se instalaban con un bloque de cemento en su base. Posteriormente, los estudios establecieron que un empotramiento por compactación de piedras era más eficiente ya que permitía un mejor drenaje del agua, la que se acumulaba en la base de los postes evitando así la aparición de hongos y podredumbre

en ellos. De esta manera se aumentó el tiempo de vida útil de la estructura. (Gilberto Villarroel 2009)

## **2. Tensores Externos**

Los tensores corresponden a los cables que sujetan los postes al suelo, de tal manera que la mayor resistencia al viento sea absorbida por ellos y no por los postes. En el punto inferior del cable se colocan anclajes prefabricados que van enterrados.

## **3. Elemento Captador**

Durante la historia de los Atrapanieblas se han estudiado diversas mallas con el fin de observar cuál de ellas es la que más cantidad de agua logra retener y ofrece más resistencia al viento y otros fenómenos. Hasta la fecha la malla Raschel es la que mejor ha satisfecho esas necesidades y es la única utilizada en las propuestas existentes. (Gilberto Villarroel 2009)

## **4. Cables de Sostén Interno**

Existen dos grupos de cables que cumplen distintas funciones.

### **Elemento de Sustentación Vertical**

Está compuesto por dos cables de acero de 3/16" de diámetro (superior e inferior) cuyo rol es soportar verticalmente la malla. (Gilberto Villarroel 2009)

Dado que la malla se ha definido como el elemento de sacrificio frente a un siniestro mayor, los cables en su punto de anclaje llevan un "fusible de seguridad" constituido por un tramo pequeño hecho con un cable de menor resistencia.

### **Elemento de Sustentación Horizontal**

La fuerza del viento produce una catenaria (curva) en la malla, lo que ocasiona una pérdida significativa del agua captada. Dado lo anterior se decidió subdividirla en tres paños discretos de las mismas dimensiones. Para ello se dispuso entre los cables

superior o Inferior, dos líneas de alambres galvanizados y plastificados de 5.11 mm de diámetro.

## **5. Barras de Anclaje**

Ellas están compuestas por dos o más pares de tablillas de pino tratado. De esta manera se previene el ataque de hongos, en las que se envuelven los extremos de la malla.

Estas barras, que van adosadas a cada poste, permiten traccionar la malla en forma pareja y a la vez le otorgan un cierto grado de rigidez. (Gilberto Villarroel 2009)

## **6. Canaleta Colectora y Drenaje**

En el cable inferior de la malla colectora se cuelga una canaleta por medio de alambres galvanizados, ésta recibe las aguas que escurren por gravedad en la malla y las conducen hacia el sistema de aducción (sistema de tuberías o mangueras de conducción hídrica) el cual se conecta finalmente a una cañería matriz o estanque de acumulación.

## **K. CAPTACIÓN DE AGUA DE LA NIEBLA**

Los captadores de agua de la niebla o atrapanieblas, pueden ser definidos como estructuras que se instalan a determinadas alturas en la costa o las montañas o páramos con el objetivo de captar las partículas de agua que posee la niebla, y poder aprovechar este recurso hídrico (Schemenauer y Cereceda, 1992; Semenzato et al., 1998).

Una malla colectora con una luz determinada, que deja pasar la niebla y sobre la cual condensan el contenido en agua de la misma. Las mallas atrapanieblas están hechas con hilos de polipropileno, similares al nylon; pero pueden utilizarse otros materiales.

- ❖ Unos soportes que sirven de estructura para la malla colectora.
- ❖ Una canaleta recolectora sobre la cual, por gravedad, se recoge el agua condensada.

- ❖ Un deposito o recolector donde almacenar el agua acumulada y desde la cual se canaliza hasta el punto de consumo.

En el proceso de la captación de agua de niebla intervienen factores topográficos, meteorológicos y estacionales que condicionan el potencial y aplicabilidad de esta tecnología. Para la instalación de un sistema de captación de agua de nieblas se deben considerar dos fases:

- 1) Prospección de nieblas visuales.
- 2) Y la construcción, operación y mantenimiento de los atrapanieblas.

Para la construcción de los captadores de agua de niebla se pueden emplear diversos materiales. Uno de ellos es la malla captadora, tiene una vida útil entre 3 y 10 años para la instalación completa.

La malla más comúnmente empleada es la malla Raschel, de polipropileno o de nylon. Los últimos experimentos de los que se tiene constancia han ido encaminados a encontrar mallas y estructuras capaces de soportar tormentas. Para ello, los investigadores mencionados anteriormente, compararon distintos tipos de malla: la malla Raschel utilizada en Chile (con un coeficiente de cobertura del 35 % y es la propuesta por Schemenauer et al. (1988)

Los soportes pueden ser de bambú tratado, los propios árboles de la zona, postes de madera, postes de acero galvanizado o cualquier otro material resistente y estructural, y de fácil acceso en la zona de aplicación.

Sumado a estos elementos están también otros que forman la estructura de los captadores de agua de niebla como son: los cables tensores horizontal y vertical de alambre galvanizado; barras de anclaje compuesta de tablillas de pino tratado y canaleta colectora y drenaje de PVC de 110 mm.

En la tabla que se observa a continuación se tiene los datos de volumen promedio de agua de niebla que se han desarrollado en todo el mundo utilizando la tecnología de captación de agua de la niebla, teniendo una captación variable en cada uno de ellos.

**Cuadro 01 volúmenes de captación de agua con neblinómetros**

<b>País</b>	<b>Localización</b>	<b>Captación promedio de agua de niebla (l/m<sup>2</sup>/día)</b>
Chile	Cerro Moreno	8,26
Chile	El Tofo	2,98
Chile	Parque Nacional del Bosque de Fray Jorge	3
Chile	Santuario de Padre Hurtado	5,4
Chile	Falda Verde	1,43
Chile	Iquique (Alto Patache)	7,81
Perú	Cerro Orara	4,6 – 5,8
Ecuador	Comunidad Pachamama Grande	4
Guatemala	Lago Atitlan	6,51
Colombia	Desierto de Guajira	1,4
República Dominicana	-	3,58
México	Chiapas	0,5
Sudáfrica	Ciudad del Cabo	14,4 (incluye lluvia)
Sudáfrica	Lepelfontein	5,3 – 5,9 (88% agua de niebla)
Sudáfrica	Soutpansberg	2 (25% agua de niebla)
Namibia	Swartbank, Klipneus, Soutrivier	0,5 -2
Islas de Cabo Verde	-	11,5
Eritrea	-	8
República de Yemen	Hajja	9,5
Nepal	-	1 (estación seca) 40 (Monzón)
Omán	-	30 (Monzón)
Croacia	-	< 27,8
España	Islas Canarias (El Gaitero)	1,8
España	Islas Canarias (Erjos)	0,2
España	Islas Canarias (Cumbres de Anaga)	4,5
España	Islas Canarias (El pulpito)	0,2
España	Islas Canarias (Parque Rural de Teno)	4,1 – 5,5
España	Alicante (El Montgó)	5,6

Fuente: Simón(2009)

## **L. LA CAPTACIÓN DE LA NEBLINA**

### **1. El Sistema de Captación**

Para la instalación de un sistema de captación de agua de nieblas se deben considerar dos fases, la primera: prospección de nieblas con la dirección de los vientos y la visual de la neblina y la segunda: Construcción, Operación y Mantenimiento de Atrapanieblas.

## **2. Prospección de Nieblas**

Consiste en determinar el o los puntos geográficos en los cuales se puede captar el mayor volumen de agua con una malla Raschel de 35% de sombra expuesta a la dirección preferencial de avance de la niebla en un período de tiempo. Estos puntos se determinan con lo antes mencionado, que consisten en un bastidor o marco de fierro de 1,0 m x 1,0 m el que sostiene una malla Raschel, tersa, capaz de interceptar y condensar la humedad de la niebla, transformándola en gotas. Cereceda, P., R.S. Schemenauer and F. Velásquez (1997)

## **3. Medición y registro periódico del agua captada**

La investigación propiamente tal consiste en una rigurosa medición y registro, cada semana como promedio, del agua acumulada en los recipientes de los Neblinómetros, información que permite conocer la variación temporal de la niebla tanto respecto de la estación del año como respecto del potencial de la niebla en los distintos puntos de medición. Dependiendo de la densidad de aparatos de medición que se instalen en terreno, tiempo de medición y los valores que se obtengan, se pueden generar mapas o isolíneas de captación. Cereceda, P., R.S. Schemenauer and F. Velásquez (1997)

## **4. Atrapanieblas actual**

Básicamente es una estructura conformada por dos postes verticales, separados 10 a 12 m que soportan una estructura de cables sobre la cual se cuelga una malla Raschel (Polipropileno resistente a los rayos U.V.) de 12 m de largo por 4 m de ancho, en doble paño, todo el sistema soportado y tensionado con cables al piso.

A medida que la niebla pasa a través de la red se condensa en los hilos de la misma, formando gotas de agua de gran tamaño que se deslizan por gravedad hacia la parte inferior de la malla donde son recogidas por canalones.

A partir de ahí el agua fluye a través de tuberías que la conducen a depósitos preparados para tal efecto, y es utilizada para regar las plantaciones El área estándar de captación de

la malla es de 48 m<sup>2</sup> pudiendo construirse también dobles (96 m<sup>2</sup>) y triples (136 m<sup>2</sup>). Martos D.S. (2009)

## **5. Medición y registro periódico del agua captada**

La investigación propiamente tal consiste en una rigurosa medición y registro, cada tres días como promedio, del agua acumulada en los recipientes de los Neblinómetros, información que permite conocer la variación temporal de la niebla tanto respecto de la estación del año como respecto del potencial de la niebla en los distintos puntos de medición.

Dependiendo de la densidad de aparatos de medición que se instalen en terreno, tiempo de medición y los valores que se obtengan, se pueden generar mapas o isolíneas de captación. Martos D.S. (2009)

## **6. Atrapanieblas actual**

Básicamente es una estructura conformada por dos postes verticales, separados 10 a 12 m que soportan una estructura de cables sobre la cual se cuelga una malla Raschel (Polipropileno resistente a los rayos U.V.) de 12 m de largo por 4 m de ancho, en doble paño, todo el sistema soportado y tensionado con cables al piso. A medida que la niebla pasa a través de la red se condensa en los hilos de la misma, formando gotas de agua de gran tamaño que se deslizan por gravedad hacia la parte inferior de la malla donde son recogidas por canalones. Martos D.S. (2009)

#### **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR**

###### **1. Localización**

La presente investigación se llevó a cabo en las tres cuencas de la parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo.

###### **a. Superficie**

La parroquia Achupallas tiene una superficie de 94432,65 Ha.

###### **2. Ubicación geográfica**

<b>CUENCA</b>	<b>COORDENADA X</b>	<b>COOREDENADA Y</b>	<b>ALTURA</b>
<b>OZOGOCHE</b>	765771	9749846	4031
<b>ZULA</b>	747832	9743784	3871
<b>JUBAL</b>	756366	9734265	3446

###### **3. Características climáticas**

Temperatura promedio anual: 12 °C

Humedad relativa: 50 – 70 %

Precipitación promedio anual: 250 – 500 mm

###### **4. Clasificación ecológica**

Según INFOPLAN (Sistema de información para el desarrollo local en el Ecuador) la parroquia Achupallas tiene la siguiente clasificación ecológica: Bosque Siempre Verde de Ceja Andina altitudes de los 3000 a 3400 msnm, Matorral Seco Montano de los Andes del Norte y Centro ubicadas en los 2500 a 3000 msnm y Páramo desde los 3400 a 4500 msnm.



## **5. Topografía**

En lugar donde se llevó a cabo la investigación se encuentra situado en un área con una topografía irregular, con pendientes que van del 2 al 60%.

## **B. MATERIALES Y EQUIPOS**

### **1. Materiales para campo**

- Cartas topográficas escala 1:50000
- Libreta para campo
- Material para oficina
- Anillado con papel resistente a humedad
- Postes de madera
- Sarán al 30 %
- Yute
- Alambre galvanizado
- Tubos PVC
- Tubos de agua
- Tensores
- Uniones
- Recipientes para la recolección de agua
- Teflón
- Martillos
- Barra
- Alicates
- Tecle

### **2. Equipos**

- GPS (geoposicionador)

- Brújula (360°)
- Metro
- Cámara fotográfica digital (mayor a 10 megapíxeles)
- Equipo de camping
- Lápices y lapiceros
- Computadora
- Vehículo
- Software Arc Gis 10.1
- Estaciones meteorológicas

## **C. METODOLOGÍA**

### **1. Planificación.**

Análisis de ubicación e identificación de los lugares por donde frecuente la neblina por medio de caminatas en la zona de estudio y por medio del software Arc Gis 10.1

### **2. Instalación.**

Montaje del atrapa neblinas sintético y orgánico. Con las experiencias tomadas en otros lugares y adaptándole a nuestra realidad en cuanto a la neblina y datos de las estaciones meteorológicas instaladas por el proyecto Caracterización Biogeográfica.

Para investigación se procede al montaje de los neblinómetros de dimensiones de 1m x 1m y a una altura de 1,50 metros el sarán y el yute con las respectivas tuberías, recipientes de recolección de agua y sensores de alambre.

### **3. Monitoreo y recolección de datos**

Medición del volumen del agua recolectado con el atrapa neblinas, se procederá a la toma de datos cada semana.

### **4. Análisis de aguas en el laboratorio**

Interpretación de los resultados del agua de acuerdo a los parámetros establecidos por el (TULSMA) se lo realizo en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH.

## **5. Análisis de datos y elaboración del informe final.**

Elaboración del informe final. Tomando en cuenta las intercomparaciones de los dos tipos de neblinómetros en cuanto al volumen de agua captada, el beneficio costo de cada prototipo y los análisis de la calidad de agua en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. CUMPLIMIENTO DEL PRIMER OBJETIVO

#### 1. EVALUACIÓN DE RECOLECCIÓN DE AGUA EN LAS TRES MICROCUENCAS

Para el cumplimiento del primer objetivo que es determinar la eficiencia de los neblinómetros con dos tipos de materiales, sintéticos (Sarán 30%) y orgánico (Yute) primero se procedió a la ubicación y discusión del porque se instaló en dichos lugares.

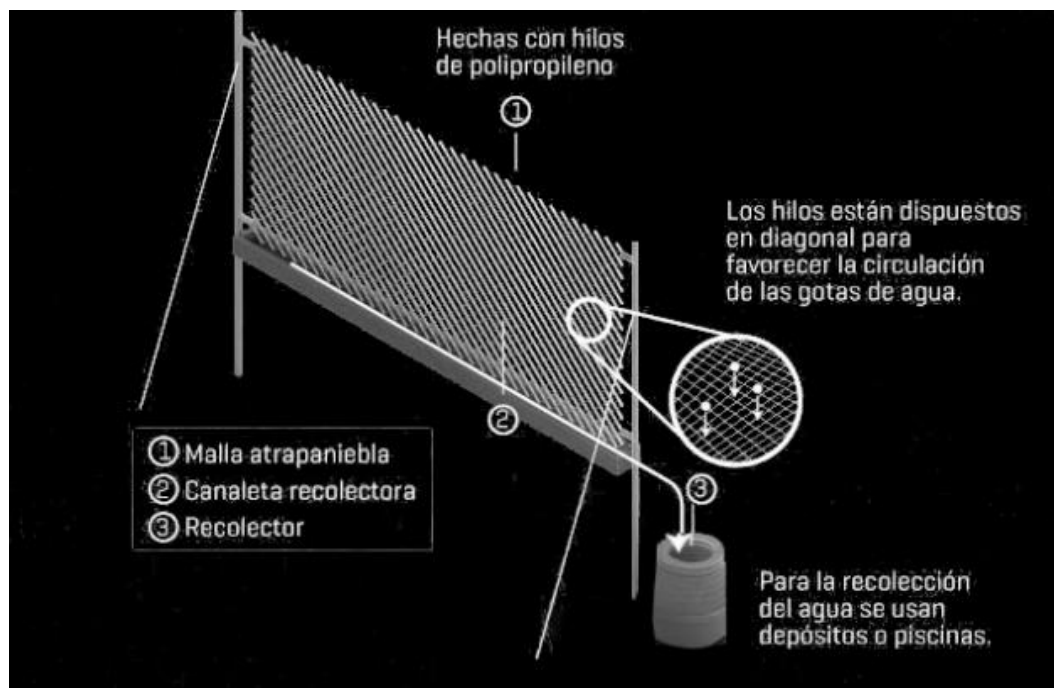
**Cuadro 02** Coordenadas geográficas de la posición de los neblinómetros

CUENCA	UBICACION		ALTURA
	X	Y	
OZOGOCHE	765771	9749846	4031
ZULA	747832	9743784	3871
JUBAL	756366	9734265	3446

Se procedió a la instalación de los neblinómetros tomando en consideración parámetros técnicos de observación de donde seria los posibles sitios para que la recarga en humedales sean posibles.

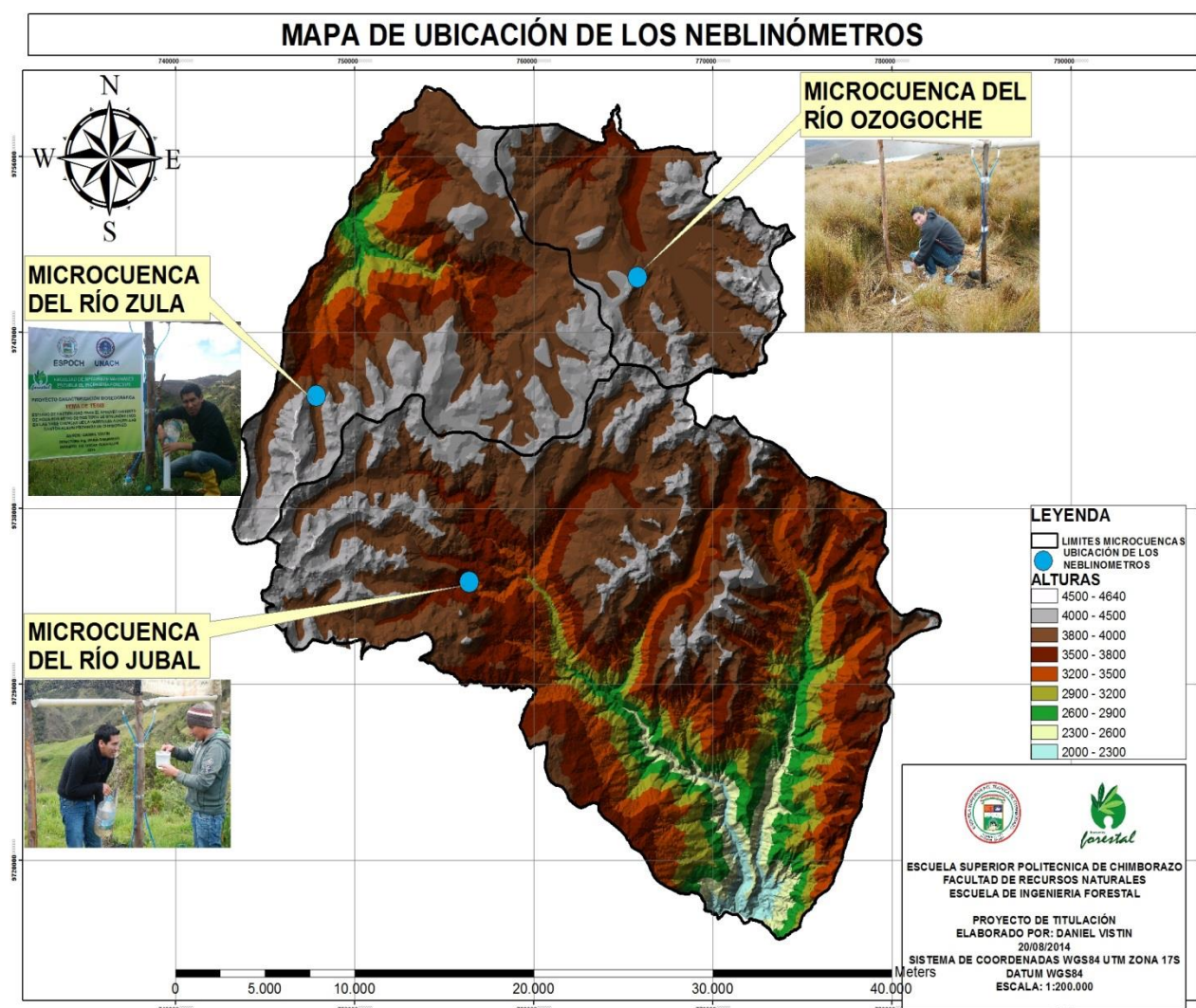
#### 2. DISEÑO Y PROTOTIPO

##### a. Plano:



**Figura 06** Diseño del neblinómetro.

- b. Materiales:** para la elaboración de los prototipos se procedió de la misma manera uno con respecto al otro, solo lo que difiere es el material que se encarga de la recolección del agua.
- c. Ubicación:** Se tomó en consideración factores como el lugar en sitio donde la neblina asciende de las montañas para la posición de los neblinómetros, la dirección de los vientos con la ayuda de los datos arrojados de las estaciones meteorológicas.



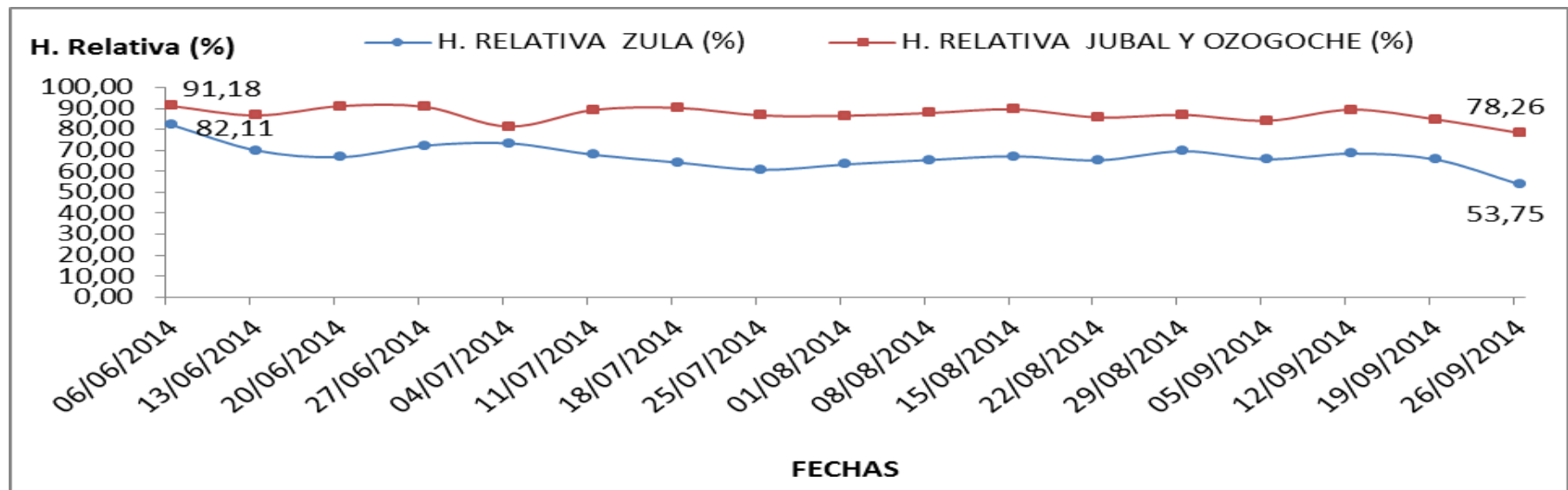
**Figura 07 Ubicación de los neblinómetros.**

### 3. MANTENIMIENTO

**Cuadro03 Fechas de mantenimiento de los neblinómetros.**

CUENCA	FECHA	OBSERVACIÓN
OZOGOCHE	01/08/2014	Se procedió al cosido de la malla del sarán debido a la rotura de una longitud de 10cm y a la instalación de 2 nuevos sensores.
ZULA	05/09/2014	Se procedió a cambiar los sensores y estacas que tiemplan a los neblinómetros.
JUBAL	04/07/2014	Se procedió a cambiar la malla de sarán debido a la rotura ocasionada por los vientos.

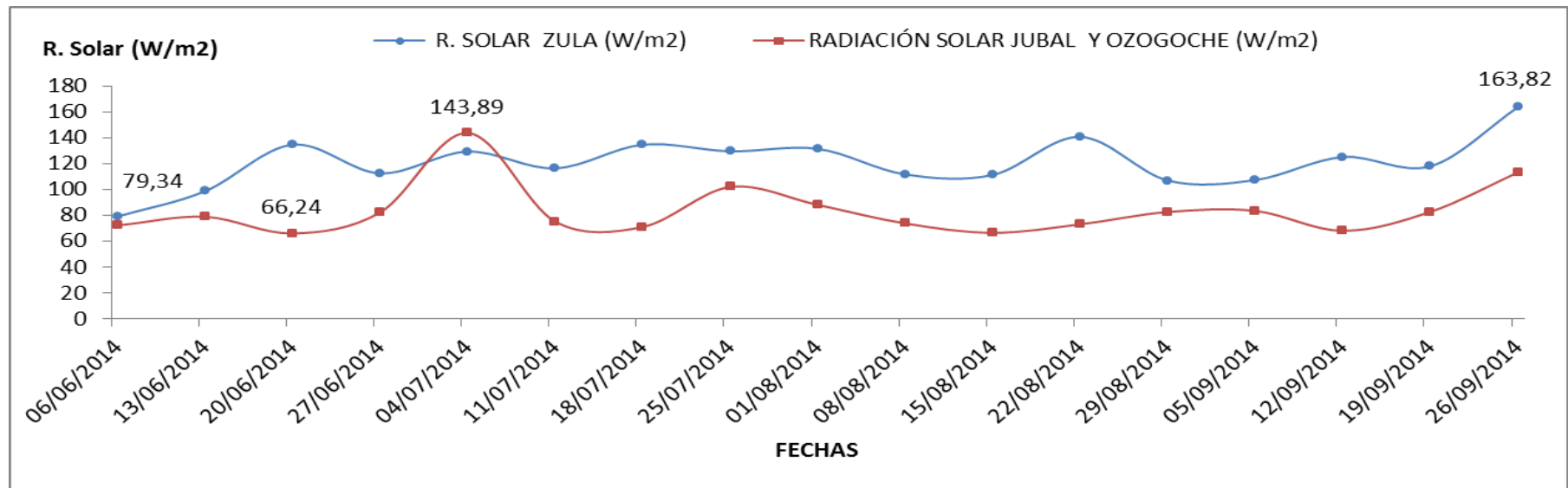
### 4. VARIABLES CLIMÁTICAS



**Grafico 01 Intercomparación de Humedad Relativa de las cuencas de Ozogoché, Zula y Jubal**

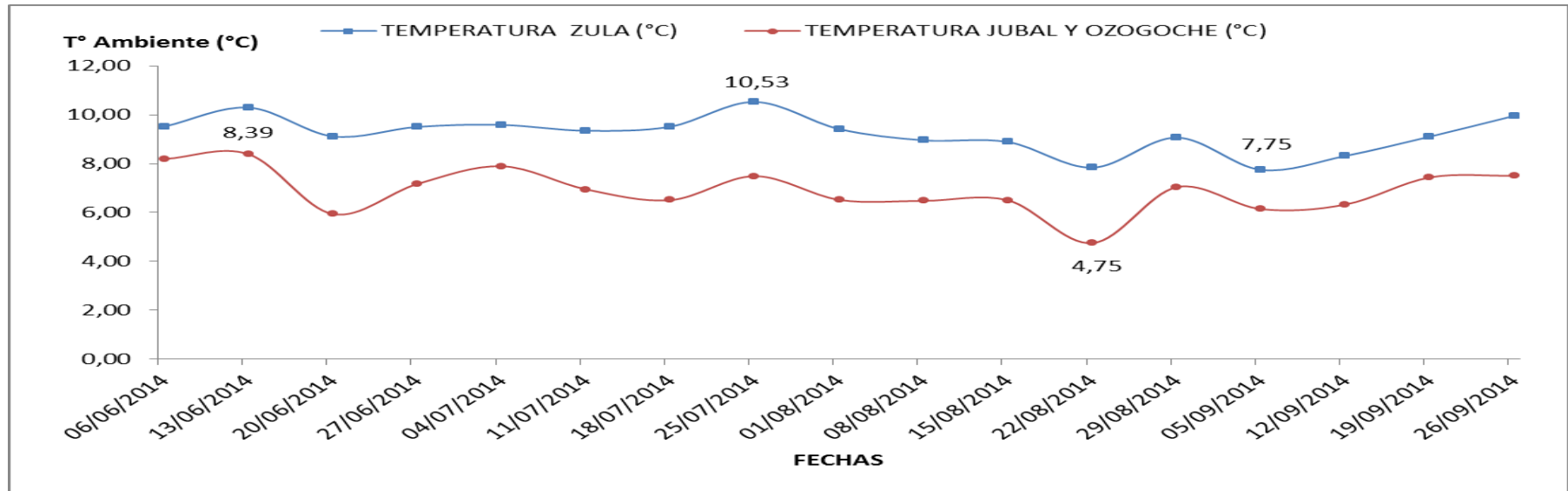
La humedad relativa de las cuencas es mayor en Ozogoché y Jubal con relación a los datos de la cuenca de Zula según las estaciones meteorológicas instaladas, con un valor máximo de 91,18% y una mínima de 78,26% en la cuenca de Ozogoché y Juval debido a que

influyen las corrientes cálidas cargadas de humedad provenientes de la amazonia y al chocarse con las frías del callejón interandino forman un alto porcentaje de humedad en el ambiente, mientras que en la cuenca de Zula tenemos un valor máximo de 82,11% y una mínima de 53,75% debido a que esta cuenca tiene influencia de las corrientes cálidas y secas provenientes de la costa y además por encontrarse a una menor altura que las otras dos.



**Grafico 02 Intercomparación de Radiación Solar de las cuencas de Ozogoche, Zula y Jubal.**

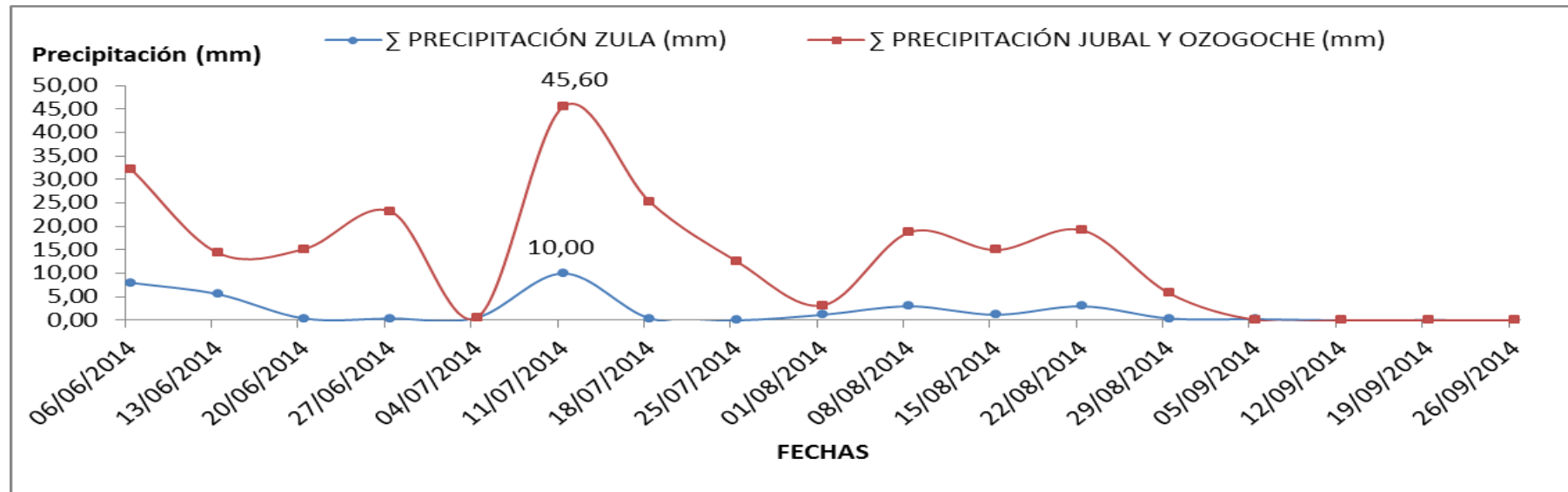
La radiación solar es la cantidad de ondas electromagnéticas emitidas por el sol por cada metro cuadrado, cuyo valor según el SI se lo mide en  $\text{W/m}^2$  así tenemos que los valores registrado en las cuencas de Juval y Ozogoche son menores, con un valor máximo elevado con respecto al de los demás meses debido a que no existió lluvias ni presencia de neblina con cielos despejados de  $143,89\text{W/m}^2$  y un mínimo de  $66,24\text{W/m}^2$ , mientras que en la cuenca de Zula los valores son más altos con una máxima de  $163,82$  y una mínima de  $79,34$



**Grafico 03 Intercomparación de Temperatura Ambiente de las cuencas de Ozogoche, Zula y Jubal.**

En lo referente a la temperatura los datos registrados tienen relación con la radiación solar debido a que a mayor radiación solar mayor temperatura ambiente, dicho esto en la cuenca de Jubal y Ozogoche es donde menores temperaturas se registran con una máxima de 8,39°C y una mínima de 4,75°C e los meses de Junio a Septiembre, mientras que en la cuenca de Zula es donde mayores temperaturas tenemos con una máxima de 10,53°C y una mínima de 7,75°C.

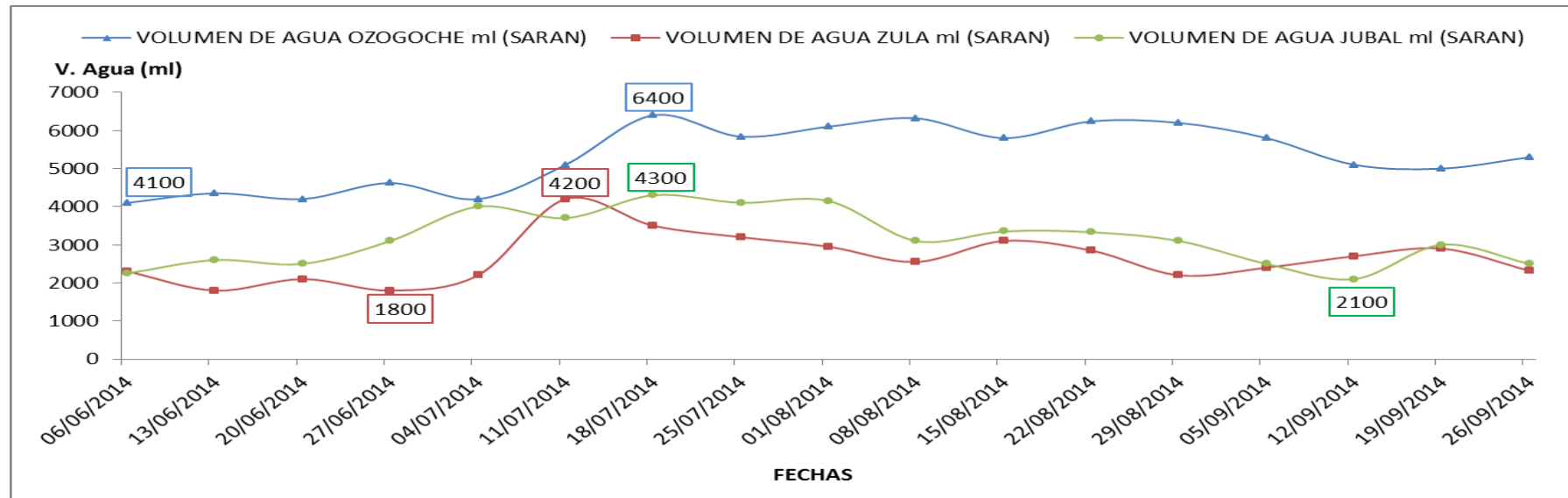




**Grafico 04 Intercomparación de la Precipitación de las cuencas de Ozogoche, Zula y Jubal.**

En lo que respecta a la precipitación viene expresada que por cada metro cuadrado cuantos milímetros de agua caen a la superficie terrestre tenemos que, en la cuenca de Jubal y Ozogoche se tiene precipitaciones bajas dando valores altos solo en el mes de Julio para que en el mes de agosto decaiga nuevamente, registrándose así una precipitación máxima de 45,60mm y una mínima de 0,00mm, mientras que en la cuenca de Zula los datos registrados de precipitación son menores que los de la cuenca de Jubal con una máxima de 10mm y una mínima de 0,00mm, cabe recalcar que los datos de las cuencas de Jubal y Ozogoche las comparaciones son las mismas debido a que en la cuenca de Ozogoche recién se encuentra en proceso de instalación, haciendo referencia a la metodología del INAMHI misma institución propone que se deben tomar datos de la estación más cercana razón por la cual para la cuenca de Ozogoche se hizo el análisis con los datos de la estación de Jubal (EMJ) por encontrarse más próxima al sitio de estudio.

## 5. EFICIENCIA DE CADA UNO DE LOS PROTOTIPOS (VOLUMEN DE AGUA RECOLECTADA)



**Grafico 05 Comparación de volumen de agua recolectada con Sarán al 30% en las cuencas de Ozogoche, Zula, y Jubal.**

En cuanto a la intercompación de agua recolectada en el prototipo hecho de sarán al 30% los volúmenes de agua van de 4000ml a 4300ml en el mes de Junio mientras que en los meses de Julio, Agosto y Septiembre los datos recolectados ascienden a valores promedios de 6000ml entonces se dice que el valor máximo es de 6400ml y una mínima de 4100ml, en la cuenca de Ozogoche.

Mientras que en la cuenca de Jubal los datos son más dispersos para el análisis pero obedecen a una tendencia lineal en la cual el valor máximo es de 4300ml y un mínimo de 2100 cuyos datos tomados de todos los meses están dentro de estos rangos.

En la cuenca de Zula presenta datos menores con respecto a las otras dos cuencas con una dispersión más o menos lineal cuyo valor máximo recolectado de agua es de 4200ml a inicios de Julio y manteniéndose así entre valores de 3500 y 3000ml, y una mínima de 1800ml en todo el mes de Junio. Datos que están en relación con la Humedad atmosférica y la Radiación solar.

Entonces se concluye que en cuanto a la cantidad de volumen de agua recolectado por los neblinómetros tiene un mayor grado de captación en la cuenca de Ozogoché con un total de 90.67L en los 4 meses con un promedio de 6,13L/semana, en la cuenca de Jubal es donde se registra datos que en cuanto a volumen le siguen en grado de captación de agua con 53,68L en los 4 meses y un valor promedio de 3,40L/semana, mientras que en la cuenca de Zula es donde los valores de captación de agua son menores en relación a las otras dos cuencas con un total de 53,68L en los cuatro meses y un promedio de 3,40L/semana.

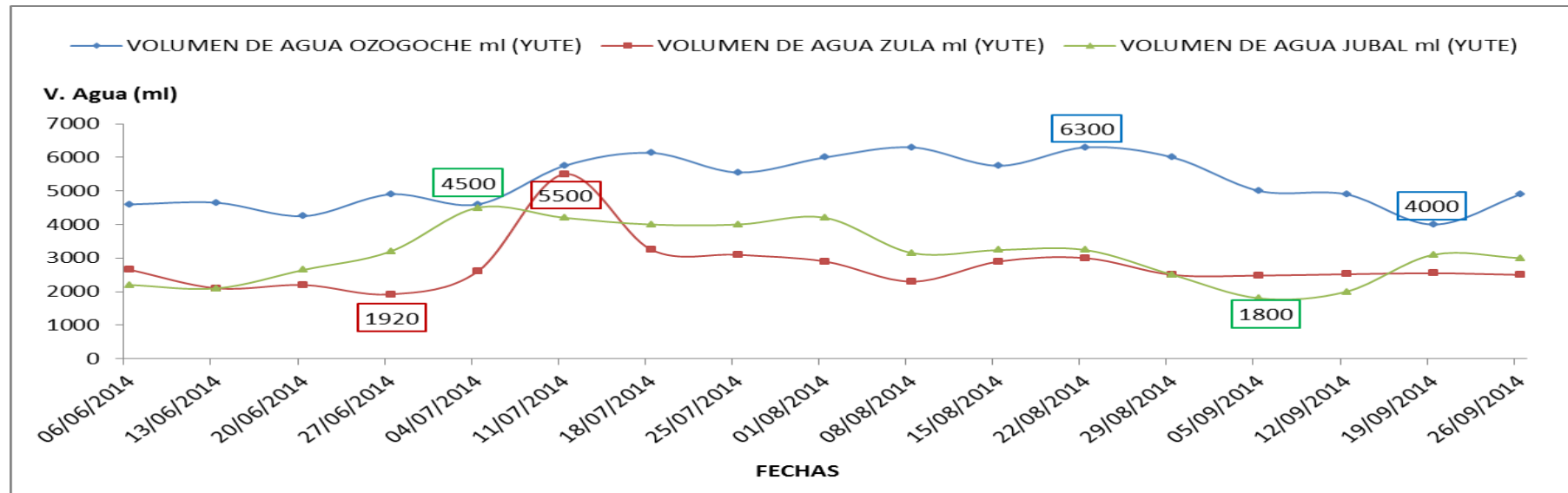


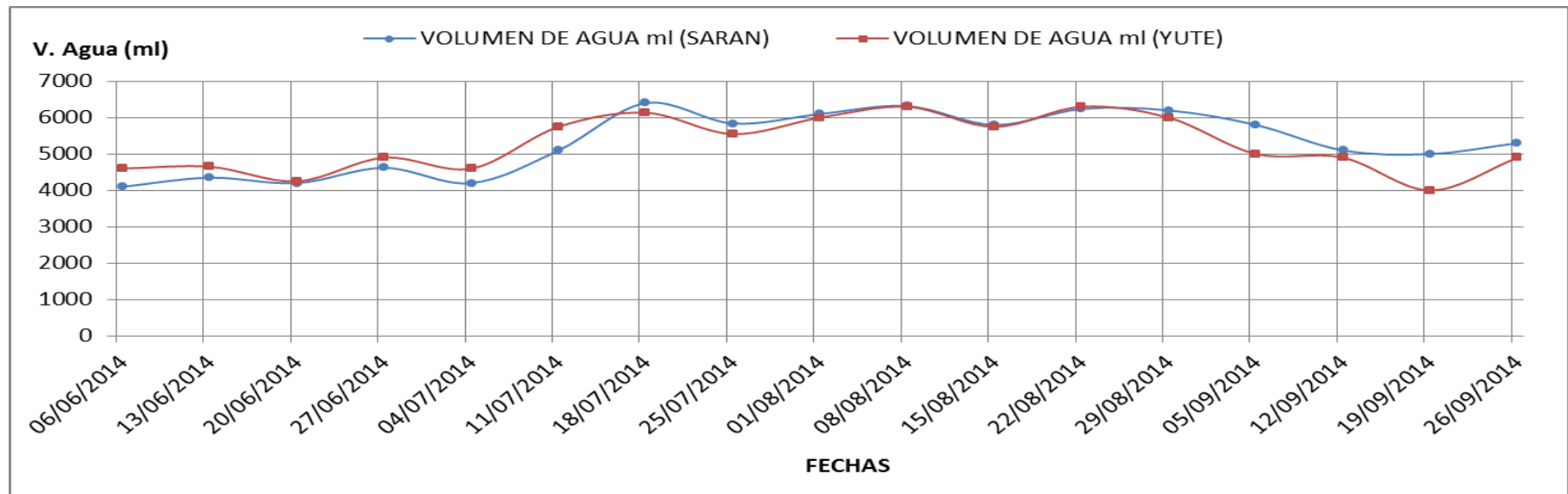
Grafico 06 Comparación de volumen de agua recolectada con Yute en las cuencas de Ozogoché, Zula, y Jubal.

En cuanto a la intercompación de agua recolectada en el prototipo hecho de Yute los volúmenes de agua cercanos a los 5000ml en el mes de Junio mientras que en los meses de Julio, Agosto y Septiembre los datos recolectados ascienden a valores promedios de 5000 a 6000ml entonces se dice que el valor máximo es de 6300ml y una mínima de 4000ml.en la cuenca de Ozogoche

Mientras que en la cuenca de Jubal los datos son más dispersos para el análisis pero obedecen a una tendencia lineal en la cual el valor máximo es de 4500ml y un mínimo de 1800ml cuyos datos tomados de todos los meses están dentro de estos rangos.

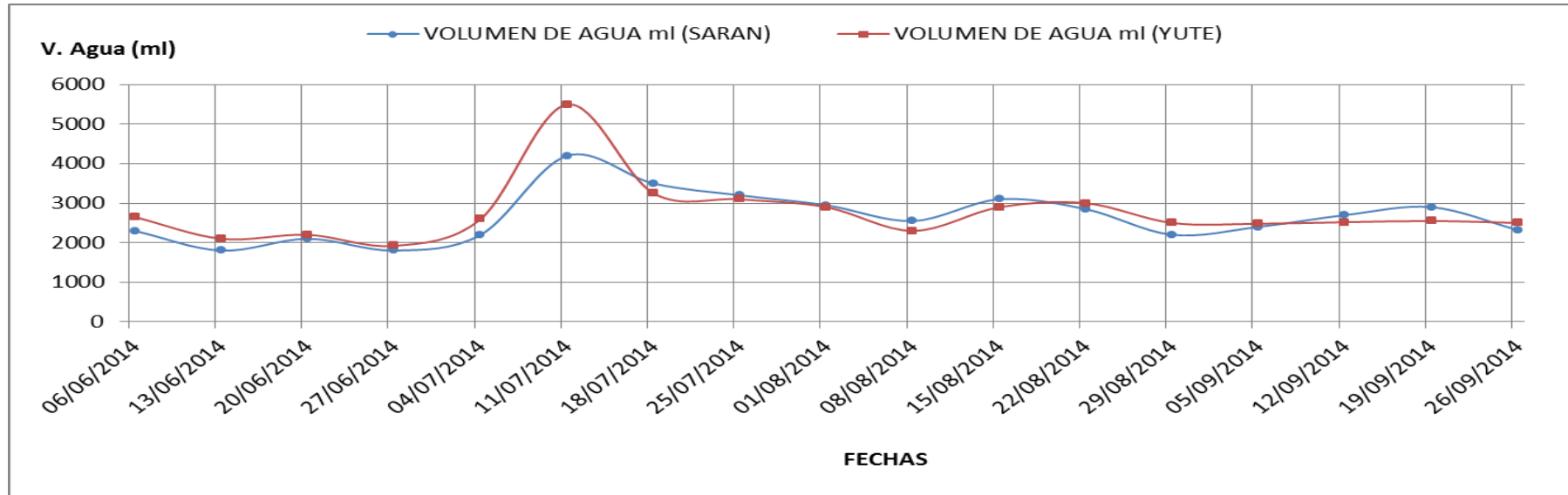
En la cuenca de Zula presenta datos menores con respecto a las otras dos cuencas con una dispersión más o menos lineal cuyo valor máximo recolectado de agua es de 5500ml a inicios de Julio y fines del mismo mes para luego caer a valores entre los 2000 y 3500ml así el valor máximo recolectado es de 5500ml y el mínimo es de 1920ml. Datos que están en relación con la Humedad atmosférica y la Radiación solar tomadas de las estaciones meteorológicas.

Entonces se concluye que en cuanto a la cantidad de volumen de agua recolectado por los neblinómetros de yute tiene un mayor grado de captación en la cuenca de Ozogoche con un total de 89,58L en los 4 meses con un promedio de 6,07L/semana, en la cuenca de Jubal es donde se registra datos que en cuanto a volumen le siguen en grado de captación de agua con 53,08L en los 4 meses y un valor promedio de 3,26L/semana, mientras que en la cuenca de Zula es donde los valores de captación de agua son menores en relación a las otras dos cuencas con un total de 46,97L en los cuatro meses y un promedio de 2,72L/semana



**Grafico 07 Comparación de volumen de agua recolectada con Yute y Sarán en la cuenca de Ozogoché.**

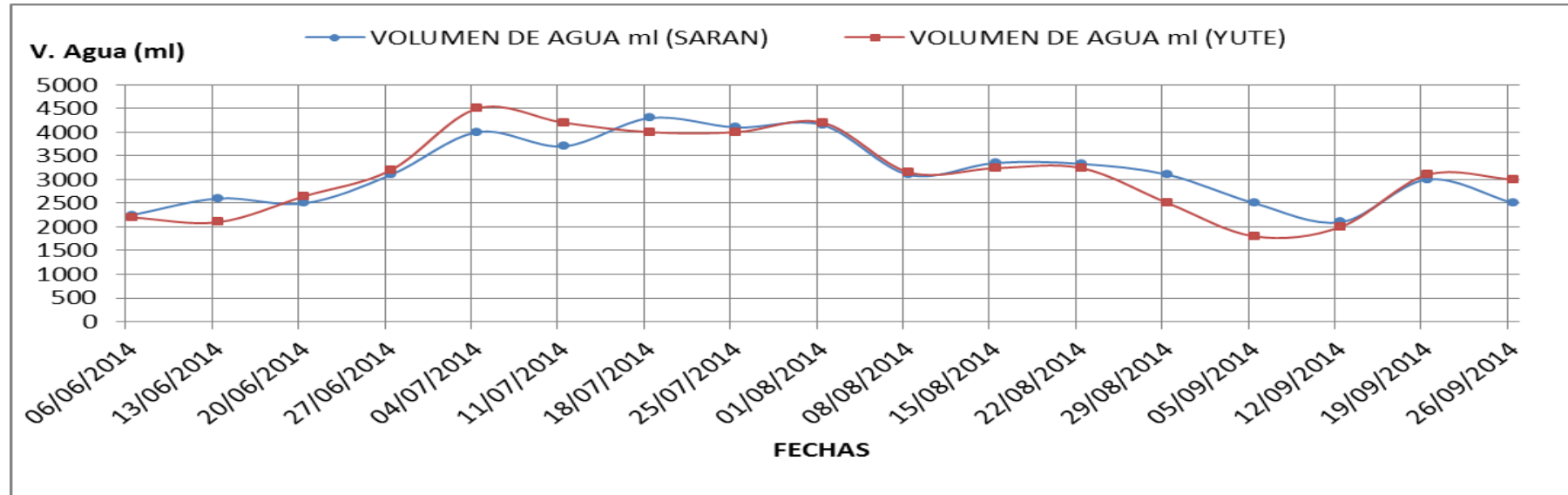
Para la intercomparación de los volúmenes de agua captada en la cuenca de Ozogoché de los neblinómetros de sarán versus yute los volumen total recolectada en sarán son de 90,67L mientras que en yute nos da un valor de 89,59L así en el análisis nos da una diferencia total de 1,09L lo que hace referencia a que el volumen de agua captada no es representativo en cuanto a los materiales del cual proceden. Pero es los datos de volumen que más agua capto versus las otras dos zonas de estudio.



**Grafico 08 Comparación**

**de volumen de agua recolectada con Yute y Sarán en la cuenca de Zula.**

Para la intercomparación de los volúmenes de agua captada en la cuenca de Zula de los neblinómetros de sarán versus yute así tenemos que en el sarán son de 45,07L mientras que en yute nos da un valor de 46,97L así en el análisis nos da una diferencia total de 1,9L lo que hace referencia a que el volumen de agua captada no es representativo en cuanto a los materiales del cual proceden. Aunque en este caso el yute atrapo 1Lmas que el sarán.



**Grafico 09 Comparación de volumen de agua recolectada con Yute y Sarán en la cuenca de Jubal.**

Para la intercomparación de los volúmenes de agua captada en la cuenca de Ozogoché de los neblinómetros de sarán versus yute los volumen total recolectada en sarán son de 53,68L mientras que en yute nos da un valor de 53,08L así en el análisis nos da una diferencia total de 0,6L lo que hace referencia a que el volumen de agua captada no es representativo en cuanto a los materiales del cual proceden.

## B. CUMPLIMIENTO DEL SEGUNDO OBJETIVO

Para el cumplimiento del segundo objetivo se procedió a determinar los indicadores económicos para determinar el beneficio – costo de cada prototipo.

**Cuadro 04 Costos de implementación de un neblinómetro de sarán al 30%**

COSTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN NEBLINÓMETROS DE SARÁN AL 30%			
Artículo	Detalle	V. Unitario	V. Total
Sarán 30%	2m	1,00	1,00
Alambre 18	30 m	1,50	9,00
Grapas	2 lb	1,50	3,00
Tubo PVC 4 pul	1 Tubos	5,00	5,00
Tubo plástico Flex	12 m	0,30	3,60
Unión roscada	1	3,00	3,00
Llave de plástico de paso	1	2,00	2,00
Unión de ¾	2	0,25	0,50
Recipiente plástico	1	2,00	2,00
Pega tuvo	1	2,00	2,00
Silicona	1	4,00	4,00
Tapa tubos de 4 pul	1	3,00	3,00
Teflón	1	0,50	0,50
Probeta	500ml	20,00	20,00
Manguera de agua	3m	0,50	1,50
Unión	1 Tubo – manguera	0,50	0,50
Gigantografía	1	5,00	5,00
Pingos	4	1,00	4,00
			<b>\$ 69,60</b>



Cuadro 05 Indicadores económicos para un neblinómetro de sarán al 30%

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	1er Mes	2do Mes	3er Mes	4to Mes
	69,60	0,00	0,00	0,00

COSTOS INDIRECTOS	1er Mes	2do Mes	3er Mes	4to Mes
Reparación y mantenimiento			10,00	

COSTOS INDIRECTOS	1er Mes	2do Mes	3er Mes	4to Mes
Reparación y mantenimiento			10,00	
<b>TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>10,00</b>	<b>0,00</b>

**TOTAL DE COSTOS DIRECTOS + TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS**

TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN	1er Mes	2do Mes	3er Mes	4to Mes
	<b>69,60</b>	<b>0,00</b>	<b>10,00</b>	<b>0,00</b>

INGRESOS	1er Mes	2do Mes	3er Mes	4to Mes
VOLUMEN DE AGUA (ml)	17270	21540	30660	21200
<b>TOTAL INGRESOS 1000ml = 0,65ctv</b>	<b>11,23</b>	<b>14,00</b>	<b>19,93</b>	<b>13,78</b>

**FLUJO DE CAJA= TOTAL DE INGRESOS (-) TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN****RELACIÓN B/C = TOTAL DE INGRESOS / TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN**

	1er Mes	2do Mes	3er Mes	4to Mes
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-58,37</b>	<b>14,00</b>	<b>9,93</b>	<b>13,78</b>
<b>RELACION BENEFICIO - COSTO</b>	<b>0,16</b>	<b>0,00</b>	<b>1,99</b>	<b>0,00</b>
<b>TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)</b>	<b>20%</b>	<b>-19%</b>	<b>12%</b>	<b>-19%</b>
<b>VALOR ACTUAL NETO (VAN)</b>	<b>70%</b>	<b>\$ 14,48</b>	<b>12%</b>	<b>\$ 30,22</b>

**Ingresos actualizados = Ingresos x factor de actualización al 12%**

**Egresos actualizados = Egresos x factor de actualización al 12%**

**Flujo de caja = Ingresos – egresos**

**Factor de actualización = 1/ potencia (1 + 0,12; 1mes, 2mes, 3mes, 4mes)**

**BENEFICIO COSTO = Ingresos actualizados / Egresos Actualizados.**

**Cuadro 06 Cálculo de datos de actualización al 12% para un neblinómetro de sarán.**

MESES	INGRESOS	EGRESOS	Factor de actualización al 12%	Ingresos actualizados al 12%.	Egresos actualizados al 12%	FLUJO DE CAJA
1	11,23	69,6	0,893	10,02678571	62,1428571	-58,37
2	14,00	0,00	0,797	11,16071429	0,00	14,00
3	19,93	10,00	0,712	14,18578034	7,11780248	9,93
4	13,78	0,00	0,636	8,75743912	0,00	13,78
TOTAL				44,13071946	69,2606596	

**Beneficio / Costo 0,64 ctv.**

## **INTERPRETACIÓN**

Una vez establecidos los indicadores económicos como el VAN, TIR, B/C. que son el motivo de estudio se ha determinado que en beneficio costo del neblinómetro de sarán al 30% tiene un valor de 0,64 ctv. Entonces quiere decir que por cada dólar que se ha invertido no existe ganancia aun ya que se está con un déficit de 0,36ctv.

Debido al periodo de tiempo que no es muy largo no se podrá llegar al punto de equilibrio sino hasta el quinto mes que será donde se haya recuperado la inversión del costo total del neblinómetro, de ahí en adelante se puede decir que se tendrá ganancias.

Cabe recalcar que este estudio de factibilidad no se lo hace con motivo de lucro sino más bien es de ayuda social ya que en su mayoría de estas comunidades no cuentan con agua potable, el consumo de agua que ellos tienen es de ríos y vertientes sin ningún proceso de potabilización y en estudios realizados se ha determinado que tiene un número considerable de coliformes.

Además los sitios donde están asentadas estas comunidades solo pocas están situadas cerca a fuentes de agua, mientras que en su mayoría están distantes a este recurso. Además esta situación se ve complicada aún más con los procesos de contaminación, por la falta de políticas para una gestión integral de los recursos hídricos, tanto superficial como subterránea pese a estar dentro del Parque Nacional Sangay.

**Cuadro 07 Costos de implementación de un neblinómetro de yute.**

<b>COSTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN NEBLINÓMETROS DE YUTE</b>
--

Artículo	Detalle	V. Unitario	V. Total
Saco de Yute	1,5	5,00	5,00
Alambre 18	30 m	1,50	9,00
Grapas	2 lb	1,50	3,00
Tubo PVC 4 pul	1 Tubos	5,00	5,00
Tubo plástico Flex	12 m	0,30	3,60
Unión roscada	1	3,00	3,00
Llave de plástico de paso	1	2,00	2,00
Unión de ¾	2	0,25	0,50
Recipiente plástico	1	2,00	2,00
Pega tuvo	1	2,00	2,00
Silicona	1	4,00	4,00
Tapa tubos de 4 pul	1	3,00	3,00
Teflón	1	0,50	0,50
Probeta	500ml	20,00	20,00
Manguera de agua	3m	0,50	1,50
Unión	1 Tubo - manguera	0,50	0,50
Gigantografía	1	5,00	5,00
Pingos	4	1,00	4,00

**\$ 73,60**

Cuadro 08 Indicadores económicos para un neblinómetro de yute.

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	1er Mes	2do Mes	3er Mes	4to Mes
	73,60	0,00	0,00	0,00

COSTOS INDIRECTOS	1er Mes	2do Mes	3er Mes	4to Mes
Reparación y mantenimiento		10,00		

COSTOS INDIRECTOS	1er Mes	2do Mes	3er Mes	4to Mes
Reparación y Mantenimiento	0,00	10,00	0,00	0,00
<b>TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>0,00</b>	<b>10,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

**TOTAL DE COSTOS DIRECTOS + TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS**

TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN	1er Mes	2do Mes	3er Mes	4to Mes
	76,10	10,00	0,00	0,00

INGRESOS	1er Mes	2do Mes	3er Mes	4to Mes
VOLUMEN DE AGUA (litros)	18400	22035	30350	18800
TOTAL INGRESOS 1000ml = 0,65ctv	11,96	14,32	19,73	12,22

**FLUJO DE CAJA= TOTAL DE INGRESOS (-) TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN**

**TOTAL DE INGRESOS / TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN**

	1er Mes	2do Mes	3er Mes	4to Mes
FLUJO DE CAJA	-64,14	4,32	19,73	12,22
RELACION BENEFICIO – COSTO	0,16	1,43	0,00	0,00
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	20%	-22%	12%	-22%
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	70%	\$ 11,86	12%	\$ 28,28

**Ingresos actualizados** = ingresos x factor de actualización al 12%

**Egresos actualizados** = Egresos x factor de actualización al 12%

**Flujo de caja** = Ingresos – egresos

**actor de actualización** =  $1 / potencia (1 + 0,12; 1mes, 2 mes, 3mes, 4mes)$

**BENEFICIO COSTO** = Ingresos actualizados / Egresos Actualizados.

**Cuadro 09** Cálculo del factor de actualización al 12% para un neblinómetro de yute.

MESES	INGRESOS	EGRESOS	Factor de actualización al 12%	Ingresos actualizados al 12%.	Egresos actualizados al 12%	FLUJO DE CAJA
1	11,96	76,10	0,893	10,67857143	67,9464286	-64,14
2	14,32	10,00	0,797	11,41581633	7,97193878	4,32
3	19,73	0,00	0,712	14,04342429	0,00	19,73
4	12,22	0,00	0,636	7,766030918	0,00	12,22
TOTAL				43,90384296	75,9183673	

**Beneficio / Costo 0,58ctv.**

## INTERPRETACIÓN

Una vez establecidos los indicadores económicos como el VAN, TIR, B/C. que son el motivo de estudio se ha determinado que en beneficio costo del neblinómetro de yute tiene un valor de 0,58 ctv. Entonces quiere decir que por cada dólar que se ha invertido no existe ganancia aun ya que se está con un déficit de 0,42 ctv.

Debido al periodo de tiempo que no es muy largo no se podrá llegar al punto de equilibrio sino hasta el sexto mes que será donde se haya recuperado la inversión del costo total del neblinómetro, de ahí en adelante se puede decir que se tendrá ganancias.

Cabe recalcar que este estudio de factibilidad no se lo hace con motivo de lucro sino más bien es de ayuda social ya que en su mayoría de estas comunidades no cuentan con agua potable, el consumo de agua que ellos tienen es de ríos y vertientes sin ningún proceso de potabilización y en estudios realizados se ha determinado que tiene un número considerable de coliformes.

Además se tarda un poco más en llegar al punto de equilibrio con este material ya que el precio del yute por metro cuadrado tiene un valor de 5 dólares a diferencia del sarán que cuesta 0,30ctv de dólar el metro cuadrado, ya que el volumen de agua que capta se ve afectado por la evaporación ya que este material tarda en caer a la canaleta donde se recoge el agua, viéndose así Afectado su volumen en relación al sarán.

El promedio de litros de agua por cada metro cuadrado de neblinómetro es de 1L/día promedio en las tres cuencas, estimando un consumo por familia de 5 miembros, utiliza 30 litros diario será necesario instalar dos neblinómetro de 5x3 para tener un volumen de 30L/día lo suficiente para satisfacer la demanda de agua pura para cada familia.

### C. CUMPLIMIENTO DEL TERCER OBJETIVO

Para el cumplimiento del tercer objetivo se procedió a determinar los indicadores de calidad de agua en base a los parámetros establecidos por TULSMA (Texto unificado de legislación secundaria medio ambiental) para evaluar la calidad del agua de los neblinómetros es necesario hacer los análisis en el laboratorio tanto físico-químico, microbiológicos para así asegurarnos de que el agua es apta para el consumo humano.

**Cuadro 10** Criterios para la certificación de agua para consumo humano.

RANGO ICA	CRITERIOS GENERALES DE CALIDAD DE AGUA (TULSMA)			
	ESTADO	USO: PESCA Y VIDA ACUATICA	ESTADO	USOS: AGRICOLAS
100	<b>Excelente</b>		<b>Excelente</b>	Agua sin contaminación
90		Pesca y Vida Acuática Abundante	<b>Aceptable</b>	Tratamiento menor Consumo humano
80				
70	<b>Aceptable</b>	Límite para peces muy sensitivos	<b>Buena</b>	Utilizable en la mayoría de los cultivos
60	<b>Levemente contaminada</b>	Sin riesgo para la salud		
50	<b>Contaminada</b>	Limitada a especies muy resistentes	<b>Contaminada</b>	Tratamiento requerido para la mayoría de cultivos
40	<b>Fuertemente contaminada</b>	Inaceptable para Actividad Pesquera		
30	<b>Excesivamente Contaminada</b>	Inaceptable para Vida Acuática	<b>Fuertemente contaminada</b>	Solo para cultivos muy resistentes
20			<b>Excesivamente Contaminada</b>	Inaceptable para riego



**Cuadro 11 Parámetros analizados en el laboratorio de servicios ambientales.**

Muestra		1 Ozo	1 Ju	1 Zu	2 Ozo	2 Ju	2 Zu	Promedio
CUENCA		Ozogoche	Jubal	Zula	Ozogoche	Jubal	Zula	
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR						
Potencial Hidrógeno	U	7,78	7,79	7,68	7,77	7,25	7,15	7,57
Conductividad	μS/cm	88,67	92,60	96,02	99,63	60,50	55,09	82,08
Turbiedad	FTU – NTU	2,62	6,12	6,84	1,97	4,40	1,87	3,97
Color	Upt-co	22,60	60,29	77,57	54,80	28,80	24,80	44,81
Sólidos Totales	mg/l	110,50	104,00	182,29	180,50	104,67	81,00	127,16
Sólidos Suspendidos	mg/l	2,50	7,50	6,00	3,00	6,00	9,80	5,80
Sulfatos	mg/l	4,75	10,60	13,50	6,67	4,50	12,55	8,76
Fosfatos	mg/l	0,88	1,54	1,71	0,98	0,87	2,16	1,36
Nitratos	mg/l	0,38	0,65	1,49	0,31	6,01	4,46	2,22
Nitritos	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,02
DBO	mg/l	2,05	4,58	2,80	2,43	4,80	15,90	5,43
DQO	mg/l	10,00	60,00	95,00	36,00	10,00	10,00	36,83
Coliformes Totales	UFC/100 ml	9,67	8,00	11,25	6,67	14,00	17,20	11,13
Coliformes fecales	UFC/100 ml	6,00	8,00	7,25	6,00	6,00	3,25	6,08
Oxígeno Disuelto	%	20,40	22,83	21,66	19,34	22,58	21,58	21,39
Temperatura	°C	11,20	9,35	10,63	10,75	12,07	13,15	11,19
Valor total		81	72	73	81	74	66	74,5
Calidad de Agua		Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Aceptable	Excelente

**INTERPRETACIÓN:**

En base a los análisis establecidos en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo se ha determinado que:

Las dos muestras de agua que fueron tomadas en los meses de julio y septiembre para hacer los análisis físico-químicos y microbiológicos para determinar si son aptos para el consumo humano dio como resultado que solo las muestras de sarán pasaron los límites estipulados por el TULSMA en cada uno de los 16 parámetros básicos para el consumo humano.

Los análisis realizados de las muestras obtenidas de Yute fueron depreciados por sobrepasar los límites máximos, permisibles en cada uno de los parámetros, y pese al

ser un material del cual se obtuvo volúmenes de agua igual en los neblinómetros en cada una de las cuencas no se recomienda para el consumo humano.

#### **D. Análisis estadístico en base al volumen de agua captada en la cuenca de Ozogоче.**

**Cuadro 12 Análisis estadístico del volumen de agua de la cuenca de Ozogоче.**

FECHA	VOLUMEN DE AGUA ml (SARAN)	VOLUMEN DE AGUA ml (YUTE)
06/06/2014	4100	4600
13/06/2014	4350	4650
20/06/2014	4200	4250
27/06/2014	4620	4900
04/07/2014	4200	4600
11/07/2014	5100	5750
18/07/2014	6400	6135
25/07/2014	5840	5550
01/08/2014	6100	6000
08/08/2014	6320	6300
15/08/2014	5800	5750
22/08/2014	6240	6300
29/08/2014	6200	6000
05/09/2014	5800	5000
12/09/2014	5100	4900
19/09/2014	5000	4000
26/09/2014	5300	4900
$\bar{X}$	<b>5333,53</b>	<b>5269,71</b>
$S^2$ (Var)	<b>671961,76</b>	<b>555882,72</b>
$S$ (DesvSta)	<b>819,73</b>	<b>745,58</b>
$C_v$	<b>15,37</b>	<b>14,15</b>
$S \bar{X}$ (err stad)	<b>198,81</b>	<b>180,83</b>
$S \bar{X}$ (err must)	<b>348,52</b>	<b>316,99</b>
Lim conf (sup)	<b>5682,05</b>	<b>5586,70</b>
Lim conf (inf)	<b>4985,01</b>	<b>4952,71</b>
Error relativo %	<b>6,53</b>	<b>6,02</b>

Una vez establecidos los parámetros estadísticos de  $\bar{x}$  promedio, variación, desviación estándar, coeficiente de variación, error estándar, error de muestreo, límite de confianza superior, límite de confianza inferior, y error relativo. Calculados en la tabla de Microsoft Excel dio como resultado un error porcentual de 6,53% el volumen de sarán y 6,02% en el volumen de yute, se trabajó para los dos casos con 14 grados de libertad debido a que si se trabaja con más grados el error porcentual ya no baja. Además se está

trabajando en este caso con un porcentaje de confiabilidad del 93,47% y un error de 6,53%.

### E. Análisis estadístico en base al volumen de agua captada en la cuenca de Zula.

**Cuadro 13 Análisis estadístico del volumen de agua de la cuenca de Zula.**

FECHA	VOLUMEN DE AGUA ml (SARAN)	VOLUMEN DE AGUA ml (YUTE)
06/06/2014	2300	2650
13/06/2014	1800	2100
20/06/2014	2100	2200
27/06/2014	1800	1920
04/07/2014	2200	2600
11/07/2014	4200	5500
18/07/2014	3500	3250
25/07/2014	3200	3100
01/08/2014	2950	2900
08/08/2014	2550	2300
15/08/2014	3100	2900
22/08/2014	2850	3000
29/08/2014	2200	2500
05/09/2014	2400	2480
12/09/2014	2700	2520
19/09/2014	2900	2550
26/09/2014	2320	2500
$\bar{X}$	2651,18	2762,94
$S^2$ (Var)	392586,03	623709,56
S (DesvSta)	626,57	789,75
Cv	23,63	28,58
$S \bar{X}$ (err stad)	151,96	191,54
$S \bar{X}$ (err must)	267,61	337,31
Lim conf (sup)	2918,79	3100,25
Lim conf (inf)	2383,57	2425,63
Error relativo %	10,09	12,21

En la cuenca de Zula el análisis estadístico al igual que en la cuenca de Ozogoché se trabajó con 14 grados de libertad dándonos como resultado un error porcentual de 10,09% y en Yute de 12,21% en volumen de agua captada un nivel de aceptabilidad del 89,91% y un error de 10,09 y en el volumen de Yute un nivel de aceptabilidad de 87,79% y un error porcentual de 12,21%.

## F. Análisis estadístico en base al volumen de agua captada en la cuenca de Jubal.

**Cuadro 14 Análisis estadístico del volumen de agua de la cuenca de Jubal.**

FECHA	VOLUMEN DE AGUA ml (SARAN)	VOLUMEN DE AGUA ml (YUTE)
06/06/2014	2250	2200
13/06/2014	2600	2100
20/06/2014	2500	2650
27/06/2014	3100	3200
04/07/2014	4000	4500
11/07/2014	3700	4200
18/07/2014	4300	4000
25/07/2014	4100	4000
01/08/2014	4150	4200
08/08/2014	3100	3150
15/08/2014	3350	3240
22/08/2014	3330	3240
29/08/2014	3100	2500
05/09/2014	2500	1800
12/09/2014	2100	2000
19/09/2014	3000	3100
26/09/2014	2500	3000
$\bar{X}$	3157,65	3122,35
$S^2$ (Var)	489619,12	707856,62
S (DesvSta)	699,73	841,34
Cv	22,16	26,95
S $\bar{X}$ (err stad)	169,71	204,06
S $\bar{X}$ (err must)	298,86	359,34
Lim conf (sup)	3456,50	3481,69
Lim conf (inf)	2858,79	2763,01
Error relativo %	9,46	11,51

En la cuenca de Zula el análisis estadístico se trabajó con 14 grados de libertad dándonos como resultado un error porcentual de 9,46% y en yute de 11,51% en volumen de agua captada un nivel de aceptabilidad del 90,54% y un erro de 9,46 y en el volumen de yute un nivel de aceptabilidad de 88.49% y un error porcentual de 11,51%

## **VI. CONCLUSIONES**

1. En las tres cuencas que han sido motivo de estudio se ha determinado que la cuenca en donde mejores resultados se dio fue en la de Ozogoché con un volumen de 6.32L/semana, siguiéndole la cuenca de Jubal con un volumen promedio de 4,02L/semana y por último la cuenca de Zula con un volumen promedio de 2,58L/semana, además la variación de volumen de yute y saran no fue mayor a los 1000ml por lo tanto la Hipótesis se acepta.
2. Además se ha determinado que en las tres cuencas el sarán capta un litro de agua/m<sup>2</sup> promedio, entonces estimando un consumo de agua por familia de 5 miembros utilizan 30L de agua será necesario poner dos neblinómetros de 5x3 para satisfacer la demanda de agua pura.
3. Para determinar el beneficio costo de cada prototipo una vez calculado cada uno de los indicadores económicos dio como resultado que el neblinómetro de sarán tiene un Beneficio/Costo de 0,64cts lo que quiere decir que no existen ganancias aun sino un déficit de dinero de 0,36ctv de dólar, llegando al punto de equilibrio en el quinto mes, Además cabe recalcar que se trata de un proyecto de ayuda social en donde no se busca rentabilidad económica sino más bien el buen vivir (sumak kawsay) de las comunidades de la parroquia, razón por la cual el Beneficio/Costo no importa aun cuando su valor sea negativo ya que se trata de un proyecto sin fines de lucro.
4. En cuanto a la calidad de agua solo la de sarán es apta para el consumo humano ya que las muestras analizadas de yute sobrepasa los límites máximos permisibles establecidos por el TULSMA, ya que la cabuya negra que es de donde proviene el yute además de alterar la composición química del agua se halló un alto contenido de saponina la cual sirve para la fabricación de detergentes motivo suficiente para no usarla en este tipo de estudios donde el agua recolectada en fibra de cabuya sea para la ingesta para los humanos.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda hacer bases de concreto para las estructuras o postes donde se sostiene la malla de sarán, además de por lo menos 4 tensores dos a cada lado.
2. El hecho de que el sistema funcione en condiciones de humedad favorece el desarrollo de micro flora (algas y líquenes en la malla, en estanques acumuladores, en canaletas o al interior de cañerías), incrementándose lo anterior por la acción natural de insectos, aves, pequeños reptiles y restos de vegetales en descomposición, sumando a todo esto el polvo que el viento deja en la malla. También se puede dar la presencia de bacterias coliformes, por lo que es necesario realizar análisis bacteriológicos periódicamente. La evaluación de la calidad del agua de neblina se debe realizar en forma continua.
3. Realizar estudios comparativos, y en periodos de invierno y verano para contar con una base de datos fiable por lo menos en toda la parroquia de Achupallas.
4. Formular y ejecutar proyectos alternativos que permitan disminuir la presión sobre los ecosistemas de paramo.
5. Es importante realizar proyectos de este tipo o en temas relacionados con la recarga de humedales en los ecosistemas de páramo ya que se ha registrado una disminución de agua o secamiento de los humedales, colaborando así con una alternativa ecológica y viable para combatir al cambio climático.
6. Se recomienda para motivos de estudio de captación de agua en intercomparaciones tratar de poner de ser posible los neblinómetros a la misma altura.

## **VIII. RESUMEN**

La presente investigación propuso determinar el estudio de factibilidad para el aprovechamiento de agua por medio de dos tipos de neblinómetros en las tres cuencas de la parroquia Achupallas, cantón Alausi, provincia de Chimborazo. Debido a la falta de agua para consumo humano por ser un factor necesario para los moradores de estas comunidades. La problemática es directamente la disminución del agua en los páramos y la desaparición de los humedales debido al cambio climático. Dado esto se propuso como objetivos determinar la factibilidad, eficiencia y la calidad de agua recolectada en las tres cuencas. La metodología que se aplicó fue un diseño plano con medidas establecidas para estudios de investigación de  $1m^2$  en malla de sarán y yute según Schemenauer y Cereceda (1992) tomando los datos cada semana en una probeta analítica en mililitros. En cuanto a los resultados el agua recolectada va de 4000 a 4300ml en el mes de Junio mientras que en Julio a Septiembre los datos ascienden a 6000ml en la cuenca de Ozogoche. En la cuenca de Jubal los datos son menores con un máximo de 4300ml y un mínimo de 2100ml. En la cuenca de Zula presenta datos menores con respecto a las otras dos cuencas con valores de 3500 y 3000ml. En las tres cuencas que han sido motivo de estudio se ha determinado que la cuenca en donde mejores resultados se dio fue en la de Ozogoche con un volumen de 6.32L/semana, siguiendo la cuenca de Jubal con 4,02L/semana y por último la cuenca de Zula con 2,58L/semana.



## **IX. SUMMARY**

This researching proposed to determine the feasibility study for talking advantages of water by means of two fog catcher types in the 3 riverbanks from Achupallas Parishin in Alausi Canton at Chimborazo province. Because of lack water to the human consumption, his is necessary for the inhabitants of these communities.

The problem is the lack of water on the paramo and the disappearance of wetlands due to the weather climate changes. It proposed to determine the feasibility, efficiency and quality of collected water from the riverbanks.

The methodology applied was a flat design with established measures for research studies with 1m<sup>2</sup> in saran and jute mesh according to Schemenauer and Cereceda (1992) taking data every week in analytical sample milliliters.

The collected water results in June were from 4000 to 4300ml while from July to September the data increase about 6000ml in Ozogoché riverbank. In the Jubal riverbank the results are less with 4300ml maximum and 2100ml minimum. In Zula riverbank data is least from the other two riverbank with 3500 and 300ml. In the three riverbank that have been studied we determined that Ozogoché has the highest results with 6,32L/week, Jubal riverbank with 4,02L/ week and finally Zula riverbank with 2,58L/week.





## **IX. BIBLIOGRAFÍA**

1. Aránguiz Q.G., Morales F., Nieto J.M. y Silva G. (2009) Diseño generativo: Aplicación en sistemas de atrapanieblas en el norte de Chile. Seminario de Diseño Computacional II. Universidad de Chile.
2. Annan K. (2003) Informe del Milenio.  
El Año Internacional del Agua Dulce, 2003.
3. Aránguiz Q.G., Morales F., Nieto J.M. y Silva G. (2009)  
Diseño generativo: Aplicación en sistemas de atrapanieblas en el norte de Chile. Seminario de Diseño Computacional II. Universidad de Chile.
4. Boroevic X. (1998): El agua potable y la factibilidad del uso de las nieblas costeras Las caletas pesqueras de Iquique, Región de Tarapacá, Chile. Seminario de Grado Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
5. Cereceda, P. (2008) Atrapanieblas: Avances y desafíos de una tecnología. Alternativa para el desarrollo de Chile. Centro del Desierto de Atacama. Pontificia Universidad Católica de Chile.
6. Cereceda, P., R.S. Schemenauer and F. Velásquez (1997)  
Variación temporal de la niebla en El Tofo-Chungungo, Región de Coquimbo, Chile. Revista Geográfica Norte Grande (Chile), 24,191-193.
7. Cereceda, P.H., Larrain, P.O., Lázaro., Schemenauer R.S., (2000)  
Los atrapanieblas, tecnología alternativa para el desarrollo rural sustentable". Revista Medio Ambiente y Desarrollo, Vol. XVI No 4:51-56
8. CERECEDA. P., R.S. SCHEMENAUER y M. SUIT.  
"An alternative water supply for Chilean coastal desert villages". Intl. J. Wuter Resources Developmerrt, 8, 53-59, 1992.
9. CERECEDA, P. Y R.S. SCHEMENAUER: "  
La percepción de los consumidores de agua potable de las nieblas costerasde Chungungo.Chile" Rev. Geográfica de Chile Terru Austrulis, 38. 7-18, 1993 (publicada en 1995).
10. Cereceda, P. (2008) Atrapanieblas:  
Avances y desafíos de una tecnología. Alternativa para el desarrollo de Chile.Centro del Desierto de Atacama. Pontificia Universidad Católica de Chile.
11. Comisión Nacional del Agua CNA (2003).  
Programa Hidráulico regional 2002-2006.Región X Golfo Centro CNA. México, 161 pp.
12. Estrela M.J., Valiente J.A., Corell D., Millán M.M. (2008)  
Fog collection in the western Mediterranean basin (Valencia region, Spain)

Atmospheric Research 87, 324–337.

13. Jiménez Percy, Talavera Carmelo, Villegas Luis, Ortega Aldo y Villasante Francisco. 2006.  
Las Neblinas: potencial fuente de agua dulce en el desierto costero peruano. Instituto de Ciencias y Gestión Ambiental (ICIGA) de la Universidad Nacional San Agustín (Proyecto PER/01/G35) Arequipa, Perú.
14. Martos D.S. (2009) Estudio sobre la captación pasiva de agua de niebla y su Aplicabilidad.  
PFM de Ingeniería del Agua, Universidad de Sevilla.
15. Méndez, L y P. Delgado (2007). Análisis de la disposición de agua superficial y Su demanda en la región de la microcuenca del Pixquiac.  
Tesis de Lic en Economía. Facultad de Economía de la Universidad Veracruzana. 120 pp.
16. Schemenauer R.S. y P. Cereceda (1992):  
A proposed Standard Fog Collector for high elevation fog. Journal of Applied Meteorology
17. Ledesma, M., Baleriola, G. (2002), Meteorología aplicada a la aviación Thompson-Paraninfo, España. 605 pp
18. Lara, F (2000). Climatología urbana y bioclimatología humana de Xalapa.  
Tesis de Lic. Ciencias Atmosféricas. Fac. Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas de la Universidad Veracruzana.
19. Vázquez, P. (2008). Análisis de las tendencias de la precipitación y la niebla de la zona, montañosa central de Veracruz.  
Tesis de Lic. Ciencias Atmosféricas. Fac. Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas de la Universidad Veracruzana. 81 hp.
20. [http://.tutiempo.net/silvia\\_larocca/Temas/Met22.htm](http://.tutiempo.net/silvia_larocca/Temas/Met22.htm)
21. <http://www.un.org/spanish/works/sustainable/freshwater.html> (último acceso: 15 de Julio de 2011).
22. [http://www.unesco.org/water/news/newsletter/89\\_es.shtml](http://www.unesco.org/water/news/newsletter/89_es.shtml)
23. <http://www.ciencia.cl/CienciaAlDia/volumen2/numero2/articulos/articulo2.html>
24. <http://www.biouls.cl/lfrayjorge/Cap%2016.pdf>
25. <http://www.recaiecuador.com/Biblioteca%20Ambiental%20Digital/TULAS.pdf/LIBRO%20VI%20Anexo%201.pdf>

## X. ANEXOS

### ANEXO 1. Instalación de los neblinómetros.



Instalación de neblinómetros en la cuenca de Ozogoché



Instalación de neblinómetros en la cuenca de Ozogoché



Instalación de neblinómetros en la cuenca de Ozogoché



Instalación de neblinómetros en la cuenca de Ozogoché



Instalación de neblinómetros en la cuenca de Zula



Instalación de neblinómetros en la cuenca de Zula



Instalación de neblinómetros en la cuenca de Zula



Instalación de neblinómetros en la cuenca de Zula



Instalación de neblinómetros en la cuenca de Jubal



Instalación de neblinómetros en la cuenca de Jubal



Instalación de neblinómetros en la cuenca de Jubal



Instalación de neblinómetros en la cuenca de Jubal



Análisis de los posibles puntos para los neblinómetros



Análisis de los posibles puntos para los neblinómetros



Análisis de los posibles puntos para los neblinómetros



Análisis de los posibles puntos para los neblinómetros



## ANEXO 2. Toma de datos de los neblinómetros



Toma de datos en la cuenca de Ozogoe



Toma de datos en la cuenca de Ozogoe



Toma de datos en la cuenca de Ozogoe



Toma de datos en la cuenca de Ozogoe



Toma de datos en la cuenca de Zula



Toma de datos en la cuenca de Zula



Toma de datos en la cuenca de Jubal



Toma de datos en la cuenca de Jubal

### ANEXO 3. Instalación de los rótulos en los neblinómetros en las tres cuencas.



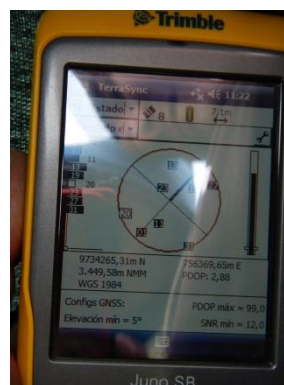
Instalación de rotulo de tesis en la cuenca de Jubal



Instalación de rotulo de tesis en la cuenca de Jubal



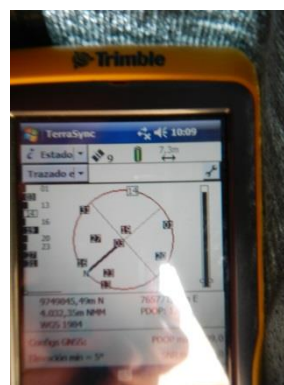
Instalación de rotulo de tesis en la cuenca de Zula



Toma de datos de las coordenadas geográficas Jubal



Toma de datos de las coordenadas geográficas Zula



Toma de datos de las coordenadas geográficas Ozogoché

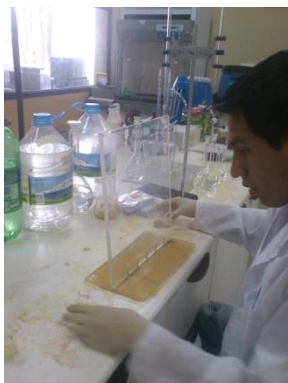
#### **ANEXO 4. Análisis de agua en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH**



Análisis de muestras de agua en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH



Análisis de muestras de agua en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH



Análisis de muestras de agua en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH



Medio de transporte de tesis